OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 126.

EXPERIMENTAL-UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

ELEKTRICITÄT

VON

MICHAEL FARADAY.

IX. BIS XI. REIHE.

(1835.)

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

OSTWALD'S KLASSIKER
DER
EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

8. Gebunden.

Es sind bis jetzt erschienen aus den Gebieten der

Nr. 1. I ... ℳ —.80.
» 2. (... en Ver-
] ... gs- und
... ℳ —.80.
» 7. ... Herausg.

» 10. ... Ströme.

» 11. ... nen üb.
... 2. Tag
... v. A.

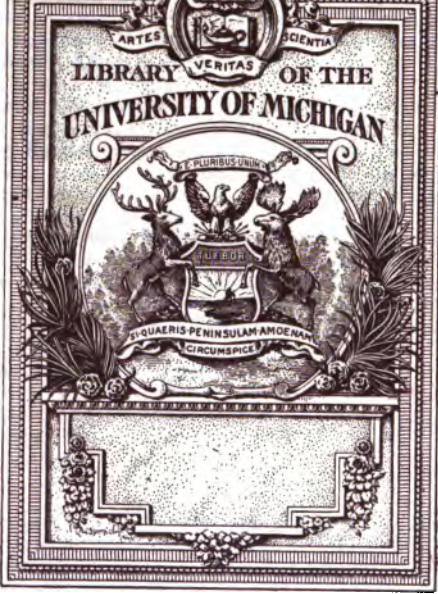
» 12. ... nels od.
... nge des
... handelt.
... ℳ 2.40.
» 13. ... 5-1786.)
... ℳ 1.80.
» 20. ... usg. von

» 21. ... Elektro-
... twald.

» 23. ... (142 S.)

» 24. ... nen über
... im Text.
... Oettin-

» 25. ... Fig. im
... A. von



Oettingen. (66 S.) ℳ 1.20.

» 31. **Lambert's** Photometrie. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. Erstes Heft: Theil I und II. Mit 35 Fig. im Text. (135 S.) ℳ 2.—.

» 32. —— —— Zweites Heft: Theil III, IV und V. Mit 32 Figuren im Text. (112 S.) ℳ 1.60.

» 33. —— —— Drittes Heft: Theil VI und VII. — Anmerkungen. Mit 8 Figuren im Text. (172 S.) ℳ 2.50.

» 36. **F. Neumann,** Über ein allgemein. Princip der mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. (96 S.) ℳ 1.50.

Nr. 37. **S. Carnot**, Betrachtungen üb. d. bewegende Kraft d. Feuers und die zur Entwickelung dieser Kraft geeigneten Maschinen. (1824.) Übersetzt und herausgegeben von W. Ostwald. Mit 5 Figuren im Text. (72 S.) ℳ 1.20.

» 40. **A. L. Lavoisier** u. **P. S. de Laplace**, Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) ℳ 1.20.

» 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac, Dalton, Dulong** u. **Petit, Rudberg, Magnus, Regnault**. (1802–1842.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfiguren. (213 S.) ℳ 3.—.

» 52. **Aloisius Galvani**, Abhandlung üb. d. Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) ℳ 1.40.

» 53. **C. F. Gauss**, Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt. In der Sitzung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 15. December 1832 vorgelesen. Herausgegeben von E. Dorn. (62 S.) ℳ 1.—.

» 54. **J. H. Lambert**, Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. (1772.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 21 Textfiguren. (96 S.) ℳ 1.60.

» 55. **Lagrange** u. **Gauss**, Abhandlungen über Kartenprojection. (1779 u. 1822.) Herausgeg. v. A. Wangerin. Mit 2 Textfig. (102 S.) ℳ 1.60.

» 56. **Ch. Blagden**, Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunkts-erniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) ℳ —.80.

» 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius**, Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Fig. im Text. (140 S.) ℳ 2.40.

» 59. **Otto von Guericke's** neue »Magdeburgische« Versuche über den leeren Raum. (1672.) Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von Friedrich Dannemann. Mit 15 Textfiguren. (116 S.) ℳ 2.—.

» 61. **G. Green**, Ein Versuch, die mathematische Analysis auf die Theorieen der Elektricität und des Magnetismus anzuwenden. (Veröffentlicht 1828 in Nottingham.) Herausgegeben von A. v. Oettingen und A. Wangerin. (140 S.) ℳ 1.80.

» 63. **Hans Christian Oersted** und **Thomas Johann Seebeck**, Zur Entdeckung des Elektromagnetismus. (1820—1821.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 30 Textfiguren. (83 S.) ℳ 1.40.

» 69. **James Clerk Maxwell**, Über Faraday's Kraflien. (1855 u. 1856.) Herausgegeben von L. Boltzmann. (130 S.) ℳ 2.—.

» 70. **Th. J. Seebeck**, Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz. (1822—1823.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Mit 33 Textfiguren. (120 S.) ℳ 2.—.

» 76. **F. E. Neumann**, Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik. (1832.) Herausgegeben von A. Wangerin. (52 S.) ℳ —.80.

» 79. **H. Helmholtz**, 2 hydrodynamische Abhandlungen. I. Über Wirbelbewegungen. (1858.) — II. Über discontinuirliche Flüssigkeitsbewegungen. (1868.) Herausg. v. A. Wangerin. (80 S.) ℳ 1.20.

» 80. —— Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. (1859.) Herausgegeben von A. Wangerin. (132 S.) ℳ 2.—.

» 81. **Michael Faraday**, Experimental-Untersuchungen über Elektricität. I. u. II. Reihe. (1832.) Mit 41 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (96 S.) ℳ 1.50.

» 86. —— —— III. bis V. Reihe. (1833.) Mit 15 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (104 S.) ℳ 1.60.

Nr. 87. **Michael Faraday**, VI. bis VIII. Reihe. (1834.) Mit 48 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (180 S.) ℳ 2.60.

» 93. **Leonhard Euler**, Drei Abhandlungen üb. Kartenprojection. (1777.) Herausg. von A. Wangerin. Mit 9 Fig. im Text. (78 S.) ℳ 1.20.

» 96. **Sir Isaac Newton's** Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts. (1704.) Übersetzt und herausgegeben von William Abendroth. I. Buch. Mit dem Bildniss von Sir Isaac Newton u. 46 Fig. im Text. (132 S.) ℳ 2.40.

» 97. —— —— II. u. III. Buch. Mit 12 Fig. im Text. (156 S.) ℳ 2.40.

» 99. **R. Clausius**, Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. (1850.) Herausgegeben von Max Planck. Mit 4 Figuren im Text. (55 S.) ℳ —.80.

» 100. **G. Kirchhoff**, Abhandlungen über Emission und Absorption: 1. Über die Fraunhofer'schen Linien. (1859.) — 2. Über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme. (1859.) — 3. Über das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Licht und Wärme. (1860—1862.) Herausgegeben von Max Planck. Mit dem Bildniss von G. Kirchhoff u. 5 Textfig. (41 S.) ℳ 1.—.

» 101. —— —— Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie: 1. Über einen Satz der mechanischen Wärmetheorie u. einige Anwendungen desselben. (1858.) — 2. Bemerkung über die Spannung des Wasserdampfes bei Temperaturen, die dem Eispunkte nahe sind. (1858.) — 3. Über die Spannung des Dampfes von Mischungen aus Wasser und Schwefelsäure. Herausgegeben von Max Planck (48 S.) ℳ —.75.

» 102. **James Clerk Maxwell**, Über physikalische Kraftlinien. Herausgegeben von L. Boltzmann. Mit 12 Textfig. (147 S.) ℳ 2.40.

» 106. **D'Alembert**, Abhandlung über Dynamik, in welcher die Gesetze des Gleichgewichtes und der Bewegung der Körper auf die kleinstmögliche Zahl zurückgeführt und in neuer Weise abgeleitet werden, und in der ein allgemeines Princip zur Auffindung der Bewegung mehrerer Körper, die in beliebiger Weise aufeinander wirken, gegeben wird (1743). Übersetzt und herausgegeben von Arthur Korn. Mit 4 Tafeln. (210 S.) ℳ 3.60.

» 109. **Riccardo Felici**, Über die mathematische Theorie der electrodynamischen Induction. Übersetzt v. B. Dessau. Herausg. von E. Wiedemann. (121 S.) ℳ 1.80.

» 114. **Alessandro Volta**, Briefe über thierische Elektricität. (1792.) Herausg. v. A. J. von Oettingen. (162 S.) ℳ 2.50.

» 115. **Horace Bénédicte de Saussure**, Versuch über die Hygrometrie. I. Heft. (1783.) Mit einer Tafel und Vignette. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (168 S.) ℳ 2.60.

» 118. **Alessandro Volta**, Untersuchungen über den Galvanismus. (1796 bis 1800.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (99 S.) ℳ 1.60.

» 119. **Horace Bénédicte de Saussure**, Versuch über die Hygrometrie. II. Heft. (1783.) Mit zwei Figuren. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (170 S.) ℳ 2.40.

» 125. **John Mayow**, Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Athmen. Herausgegeben von F. G. Donnan. (56 S.) ℳ 1.—.

» 126. **Michael Faraday**, Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1835.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. IX. b. XI. Reihe. Mit 15 Figuren i. Text. (104 S.) ℳ 1.80.

Experimental-Untersuchungen

über

ELEKTRICITÄT

von

MICHAEL FARADAY.

(Aus den Philosoph. Transact. f. 1835.)

Herausgegeben

von

A. J. v. Oettingen.

IX. bis XI. Reihe.

Mit 15 Figuren im Text.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1901.

4. Experimental-Untersuchungen über Elektricität

von

Michael Faraday.

Neunte Reihe.[1])

(Philosoph. Transact. f. 1835. — Pogg. Ann. Band XXXV.)

XV. Ueber den Vertheilungseinfluss eines elektrischen Stroms auf sich selbst und den elektrischer Ströme überhaupt.

1048. Die nachstehenden Untersuchungen betreffen eine sehr merkwürdige Vertheilungswirkung elektrischer Ströme oder verschiedener Theile eines und desselben Stroms, und deuten auf einen innigen Zusammenhang dieser Wirkung mit dem Durchgang der Elektricität durch leitende Körper, selbst mit dem Ueberspringen von Funken.

1049. Die Untersuchung ging hervor aus einer mir von Herrn *Jenkin* mitgetheilten Thatsache, die folgende ist. Gebraucht man einen kurzen Draht zur Verknüpfung der beiden Platten einer einfachen voltaschen Kette, so erhält man, wie man auch verfahren mag, aus diesem Draht keinen elektrischen Schlag; wendet man aber den um einen Elektromagnet geschlungenen Draht an, so fühlt man bei jedesmaliger Oeffnung der Kette einen Schlag, sobald man dabei die Enden des Drahts mit beiden Händen anfasst.

1050. Zugleich beobachtet man auch, was den Physikern längst bekannt ist, an der Trennungsstelle einen hellen Funken.

1051. Einen kurzen Abriss von diesen Resultaten, nebst einigen dazugehörigen, bei Anwendung langer Drähte beobachteten Erscheinungen habe ich in dem *Philosophical Magazine*

für 1834 bekannt gemacht*), mit Hinzufügung einiger Betrachtungen über deren Ursprung. Fernere Untersuchungen haben mich die Unrichtigkeit meiner ersten Ansichten einsehen lassen, und mich zuletzt dahin geführt, diese Erscheinungen für identisch zu halten mit den Inductionsphänomenen, welche ich so glücklich war, in der ersten Reihe dieser Experimental-Untersuchungen zu entwickeln**). Ungeachtet dieser Identität glaube ich jedoch, dass die Erscheinungen wegen der Allgemeinheit und Eigenthümlichkeit der Ansichten, zu welchen sie in Betreff der elektrischen Ströme führen, der Beachtung der K. Gesellschaft nicht unwürdig sein werden.

1052. Der Elektromotor bestand aus einem (hohlen) Zinkcylinder, der zwischen die beiden Theile eines doppelten Kupfercylinders gesteckt war, und wie gewöhnlich durch Korkstücke an unmittelbarer Berührung desselben gehindert wurde; der Zinkcylinder war acht Zoll hoch und 4 Zoll im Durchmesser. Er sowohl wie der Kupfercylinder war mit einem dicken Draht versehen, der ein Näpfchen mit Quecksilber trug, und in diesem Näpfchen wurde die Schliessung oder Oeffnung der Kette durch gerade oder schraubenförmige Drähte oder Elektromagnete vollzogen. Diese Näpfchen sollen im Laufe dieses Aufsatzes immer *G* und *E* heissen (1079).

1053. Es wurden einige Schrauben***) angefertigt, die ich vorher nothwendig beschreiben muss. Auf eine Papprӧhre waren vier Kupferdrähte gewickelt, jeder war $^{1}/_{24}$ Zoll dick und bildete eine Schraube in gleicher Richtung von einem Ende zum andern. Die Windungen eines jeden Drahts waren unter sich durch eine Schnur getrennt, und die über einander liegenden Schrauben durch Kattun an gegenseitiger Berührung gehindert. Die Länge der diese Schrauben bildenden Drähte war 48, 49,5, 48 und 45 Fuss. Der erste und der dritte Draht wurden mit einander verbunden, so dass sie eine einzige Schraube von 96 Fuss Länge ausmachten. Eben so wurden der zweite und vierte Draht zu einer einzigen, also 94,5 langen Schraube verbunden, welche sich dicht an die erste anschloss. Diese Schrauben will ich durch die Zahlen I und II unterscheiden. Sie wurden sorgfältig mit einem kräftigen elektrischen

---

*) Annalen der Physik und Chemie, Bd. XXX, p. 292.

**) Ebendaselbst, Bd. XXV, p. 91. Klassiker, Heft 81.

***) Kürze halber ist das Wort Helix hier meistens durch Schraube wieder gegeben. *P.*

Strom und einem Galvanometer untersucht, und dabei fand sich, dass sie keine Gemeinschaft mit einander hatten.

1054. Eine andere Schraube wurde auf einer ähnlichen Pappröhre vorgerichtet, und dazu zwei gleiche Kupferdrähte, jeder von 46 Fuss Länge, gebraucht. Diese Drähte wurden zu einer einzigen Schraube von 92 Fuss Länge vereint, welche beinahe so lang wie die vorher genannten war (*but was not in close inductive association with them*). Sie sei durch die Zahl III unterschieden.

1055. Eine vierte Schraube wurde aus sehr (0,2 Zoll) dickem Kupferdraht verfertigt; der Draht war, ausser den geradlinigen Stücken an den Enden, 79 Fuss lang.

1056. Der hauptsächlich angewandte Elektromagnet bestand aus einem cylindrischen Stabe von weichem Eisen, 25 Zoll lang und 1,75 Zoll dick, gebogen zu einem Ring, so dass die Enden beinahe einander berührten, und umwickelt mit drei Lagen Kupferdraht, deren gleichliegende Enden zusammen verknüpft waren. Dann wurde jedes dieser beiden Hauptenden an einen Kupferstab gelöthet, der als leitende Fortsetzung des Drahts diente. Mithin musste sich jeder elektrische Strom, der durch einen der Kupferstäbe eintrat, in den den Ring umgebenden Schraubendrähten in drei Theile theilen, die indess alle in gleicher Richtung fortliefen. Die drei Drähte waren daher zu betrachten als ein einziger Draht von dreifacher Dicke als der wirklich angewandte.

1057. Andere Elektromagnete liessen sich nach Belieben darstellen durch Einschiebung eines weichen Eisenstabes in einen der (1053 etc.) beschriebenen Schraubendrähte.

1058. Das angewandte Galvanometer war von roher Construction, hatte nämlich nur eine Magnetnadel und war gar nicht sehr empfindlich.

1059. Die zu betrachtenden Wirkungen hängen von dem Leiter ab, der zur Verknüpfung der Zink- und Kupferplatte des Elektromotors angewandt wird. Diesen Leiter habe ich in vier verschiedenen Gestalten angewandt: als Schraubendraht eines Elektromagnets (1056), als einen gewöhnlichen Schraubendraht (1053 etc.), als einen langen ausgestreckten Draht, von solcher Gestalt, dass seine Theile keinen Einfluss auf einander ausüben konnten, und als einen kurzen Draht.

1060. Am besten zeigen sich die Wirkungen mit dem Elektromagnet (1056). Als derselbe (d. h. der denselben umgebende Kupferdraht. *P.*) zur Schliessung des Elektromotors

angewandt wurde, fand bei Vollziehung der Schliessung kein merklicher Funke statt; allein bei Aufhebung derselben erschien ein sehr grosser und heller Funke mit bedeutender Verbrennung des Quecksilbers. Eben so verhielt es sich mit dem Schlag. Wenn die Hände mit Salzwasser benetzt waren, und sie mit den gehaltenen Drähten in guter Berührung standen, konnte beim Schliessen des Elektromotors kein Schlag verspürt werden, wohl aber beim Oeffnen ein starker.

1061. Wenn die Schraube I oder III (1053 etc.) als verbindender Leiter gebraucht ward, erschien auch beim Oeffnen ein guter Funke, beim Schliessen aber keiner (kein merkbarer). Der Versuch, mit diesen Schrauben einen Schlag zu bekommen, schlug anfangs fehl. Als ich indess die Schrauben I und II mit ihren gleichliegenden Enden verknüpfte, so dass sie als eine einzige Schraube mit doppelt so dickem Draht anzusehen waren, konnte ich so eben eine Empfindung erhalten. Bei Anwendung der Schraube mit dickem Draht (1055) erhielt ich jedoch einen unverkennbaren Schlag. Als ich die Zunge zwischen zwei Silberplatten brachte, die durch Drähte mit den Theilen in Gemeinschaft standen, welche die Hände früher berührten (1064), gab es beim Oeffnen einen starken Schlag, beim Schliessen keinen.

1062. Das Vermögen, diese Erscheinungen hervorzurufen, ist daher sowohl in der einfachen Schraube als in dem Elektromagnet vorhanden; allein keineswegs in gleichem Grade.

1063. Als ein Stab weichen Eisens in die Schraube gesteckt ward, wurde er ein Elektromagnet (1057), und sogleich wuchs die Kraft der letzteren bedeutend. Die Hineinsteckung einer Kupferstange in die Schraube bewirkte keine Veränderung; die Wirkung war wie bei einer blossen Schraube. Die beiden Schrauben I und II, zu einer Schraube von doppelter Länge verbunden, erzeugten eine größere Wirkung als I oder II für sich.

1064. Bei Vertauschung der Schraube mit dem blossen langen Draht wurden die folgenden Wirkungen erhalten. Ein Kupferdraht, 0,18 Zoll dick und 132 Fuss lang, wurde auf dem Fussboden des Laboratoriums ausgebreitet und als Schliessleiter (1059) angewandt; er gab beim Schliessen keinen sichtbaren Funken, wohl aber beim Oeffnen einen hellen, jedoch einen nicht so hellen als die Schraube (1061). Beim Bemühen im Moment des Oeffnens einen elektrischen Schlag zu erhalten, gelang es nicht, einen solchen in den Händen

fühlbar zu machen; allein als ich zwei Silberplatten, die durch kleine Drähte mit den Enden des Hauptdrahtes verbunden waren, anwandte, und die Zunge zwischen dieselben brachte, gelang es, im Munde einen starben Schlag zu bekommen, und leicht war es auch, eine Butte (*flounder*), einen Aal oder Frosch in Zuckungen zu versetzen. Keiner dieser Effecte liess sich direct mit dem Elektromotor erhalten, d. h. wenn Zunge, Frosch oder Fisch auf ähnliche, also vergleichende Weise, in die Bahn der Communication zwischen der Zink- und Kupferplatte eingeschaltet wurde, Platten, die sonst überall durch die zur Erregung angewandte Säure getrennt waren. Der helle Funken und der Schlag, die nur beim Oeffnen der Kette erschienen, sind daher Wirkungen gleicher Art mit denen, welche im höheren Grade durch die Schraube und in noch höherem Grade durch den Elektromagnet (d. h. durch den um ihn gewickelten Draht. *P.*) erzeugt wurden.

1065. Um einen ausgestreckten Draht mit einer Schraube zu vergleichen, wurden die Schraube I, welche 96 Fuss Draht enthielt und ein eben so langer und dicker Draht, der auf dem Fussboden des Laboratoriums ausgebreitet lag, abwechselnd als Schließleiter angewandt. Die erste gab, im Moment des Oeffnens, einen weit helleren Funken, als der letztere. Eben so gab ein 28 Fuss langer Kupferdraht, zu einer Schraube aufgerollt, beim Oeffnen der Kette einen guten Funken; als derselbe Draht darauf aber rasch ausgebreitet und wieder angewandt wurde, gab er einen kleineren Funken als zuvor, wiewohl nichts als seine Schraubenform geändert worden war.

1066. Da die Ueberlegenheit einer Schraube über einen blossen Draht wichtig ist für die Einsicht in die Erscheinung, so war ich angelegentlich bemüht, diese Thatsache genau fest zu stellen. Zu dem Ende bog ich einen 67 Fuss langen Draht in der Mitte, so dass er doppelte Enden bildete, die mit dem Elektromotor in Gemeinschaft gesetzt werden konnten. Eine dieser Drahthälften wurde zu einer Schraube aufgerollt, die andere blieb ausgestreckt. Als diese nun abwechselnd als Schliessleiter angewandt wurden, gab die Schraube bei weitem den stärkeren Funken. Sie gab sogar einen stärkeren Funken als im Fall sie und die ausgestreckte Drahthälfte gemeinschaftlich als doppelter Leiter angewandt wurden.

1067. Wenn ein kurzer Draht angewandt wird, verschwinden alle diese Wirkungen. Ist er nur zwei bis drei Zoll lang, kann schwerlich beim Oeffnen ein Funke erhalten werden.

Ist er aber zehn bis zwölf Zoll lang und mässig dick, so lässt sich leichter ein kleiner Funke bekommen. So wie die Länge wächst, wird der Funke verhältnissmässig stärker, bis er wegen übergrosser Länge des Drahts und daraus entspringenden Widerstands gegen die Leitung, wieder schwächer wird.

1068. Die Wirkung der Drahtverlängerung geht aus Folgendem hervor. Ein 114 Fuss langer und $^1/_{18}$ Zoll dicker Kupferdraht wurde auf dem Fussboden ausgebreitet und als Schliessleiter angewandt; er blieb kalt, gab aber beim Oeffnen der Kette einen hellen Funken. Nachdem er so über Kreuz gelegt worden, dass er mit sich selbst nahe an den Enden in Berührung stand (*being crossed so that the terminations were in contact near the extremities*), ward er wieder als Leiter gebraucht, nur zwölf Zoll von ihm waren in den Bogen eingeschlossen. Vermöge der grösseren Menge durch ihn gehender Elektricität wurde der Draht sehr heiss, und dennoch war beim Oeffnen der Kette kaum ein Funke sichtbar. Der Versuch wurde mit einem $^1/_9$ Zoll dicken und 36 Fuss langen Draht wiederholt, aber mit gleichem Erfolg.

1069. Dass die Wirkungen und auch der Vorgang (*effects and also the action*) bei allen diesen Versuchen einerlei sind, erhellt daraus, dass die ersteren sich von den, welche der kürzeste Draht liefert, bis zu denen des stärksten Elektromagnets allmählich steigern lassen. Diese Verfolgung der Vorgänge durch Experiment und Raisonnement von den Resultaten der kräftigsten Apparate an bis zu denen sehr schwacher ist von grossem Vortheil für die Ermittlung der wahren Ursachen einer Erscheinung.

1070. Die Wirkung (*action*) hängt offenbar von dem als Leiter dienenden Drahte ab; denn sie verändert sich, so wie der Draht in seiner Länge oder Anordnung geändert wird. Der kürzeste Draht, kann man annehmen, zeigt vollständig den Funken oder Schlag, welchen der Elektromotor durch seine eigene directe Kraft erzeugt; all die übrige Kraft, welche die beschriebenen Vorrichtungen erregen, entspringt dagegen aus einer entweder dauernden oder vorübergehenden Abänderung (*affection*) des Stroms in dem Drahte selbst. Indess soll vollständig nachgewiesen werden (1089, 1100), dass es ein momentaner Effect ist, nur erzeugt in dem Augenblick des Oeffnens der Kette.

1071. So lange der Strom besteht, vom Augenblick nach dem Schliessen bis zu dem vor dem Oeffnen der Kette,

findet keine Veränderung in der Quantität und Intensität statt, ausgenommen, was davon herrührt, dass ein langer Draht dem Durchgang der Elektricität einen grösseren Widerstand leistet als ein kurzer. Um diesen Punkt in Betreff der Quantität zu ermitteln, wurden die Schraube I (1053) und das Galvanometer (1058) gemeinschaftlich als Theile des Schliessbogens eines kleinen Elektromotors angewandt und die Ablenkung des Galvanometers beobachtet. Dann wurde ein Stab von weichem Eisen in die Schraube gesteckt, und sobald der momentane Effect vorüber war, die Nadel also stationär geworden, wiederum beobachtet, und dabei gefunden, dass sie noch auf demselben Theilpunkte stand wie zuvor. Die bei Fortdauer des Stroms durch den Draht gehende Quantität war also gleich mit und ohne Anwendung von weichem Eisen.

1072. Dass die Qualität der Intensität des constanten Stroms nicht mit den Umständen variire, welche die besagten eigenthümlichen Resultate begünstigen, so dass sich daraus eine Erklärung dieser Resultate ergäbe, wurde auf folgende Weise ermittelt. Der durch einen Elektromotor erregte Strom wurde durch kurze Drähte geleitet, und seine Intensität dadurch ermittelt, dass man seiner elektrolysirenden Kraft verschiedene Substanzen unterwarf (912, 966 etc.); darauf wurde er durch die Drähte eines starken Elektromagnets (1056) geleitet, wiederum durch dasselbe Mittel auf seine Intensität geprüft, und noch unverändert gefunden. Ueberdies liefert die Constanz der bei dem obigen Versuch (1071) durchgegangenen Quantität einen ferneren Beweis, dass die Intensität nicht variirt haben konnte. Denn wäre sie durch die Hineinsteckung des weichen Eisens erhöht worden, hätte man allen Grund zu glauben, dass die in einer gegebenen Zeit übergegangene Quantität ebenfalls vermehrt sein würde.

1073. Thatsache ist, dass bei mannigfaltig abgeänderten Versuchen der permanente Strom an Kraft verliert, so wie die Wirkungen beim Oeffnen der Kette erhöht werden. Dies geht aus den vergleichenden Versuchen mit langen und kurzen Drähten (1068) zur Genüge hervor, und zeigt sich noch auffallender durch den folgenden. Man löthe einen dünnen (0,01 Zoll dicken) Platindraht von 1 bis 2 Zoll Länge an das eine Ende des langen Verbindungsdrahts, und auch ein genau eben so langes Stück desselben Platindrahts an das Ende des kurzen Verbindungsdrahts. Um dann die Effecte dieser beiden Verbindungen zu vergleichen, schliesse und öffne man die

Kette zwischen diesen Platinspitzen und dem Quecksilber in dem Näpfchen *G* oder *E* (1079). Bei Anwendung des kurzen Verbindungsleiters wird der Platindraht, wegen der Menge von Elektricität, durch den constanten Strom ins Glühen versetzt werden; allein beim Oeffnen der Kette wird schwerlich ein Funke sichtbar sein; wendet man dagegen den längeren Verbindungsleiter an, welcher durch seinen Widerstand den Strom schwächt, so bleibt das Platin bei dem Durchgang des Stromes kalt, aber dies giebt einen hellen Funken im Moment da man den Strom unterbricht. So zeigt sich dann das sonderbare Resultat, dass man von dem starken Strom einen schwachen Funken und Schlag, von einem schwachen Strome dagegen starke Wirkungen bekommt. Funke und Schlag im Momente des Oeffnens der Kette. wiewohl hervorgehend aus der grossen Intensität und Quantität des Stroms in diesem Moment, sind also keine Anzeiger oder Messer der Intensität oder Quantität des vorher durchgehenden constanten Stroms, durch welchen sie zuletzt erzeugt werden.

1074. Will man den Funken nach seiner relativen Helligkeit als Anzeiger dieser Wirkungen gebrauchen, so ist es sehr wichtig, sich gewisser, mit seiner Erzeugung und seinem Ansehen verknüpften Umstände wohl zu erinnern. Unter einem gewöhnlichen elektrischen Funken versteht man das leuchtende Erscheinen der eine Luftstrecke oder eine andere schlecht leitende Substanz plötzlich durchdringenden Elektricität. Ein voltascher Funke ist zuweilen von derselben Natur; allein für gewöhnlich entspringt er aus dem Glühen und selbst Verbrennen einer kleinen Portion eines guten Leiters, und dies ist speciell der Fall, wenn der Elektromotor nur aus einem oder einigen Plattenpaaren besteht. Dies lässt sich sehr gut beobachten, wenn eine oder beide Metallflächen, die sich berühren sollen, starr und zugespitzt sind. Im Moment, da sie in Berührung kommen, geht der Strom über, er erhitzt, glüht und verbrennt sogar die Berührungspunkte, und die Erscheinung macht sich so, wie wenn der Fnnke beim Schliessen der Kette überspränge, wogegen es nur ein Fall eines, nach vorheriger Schliessung, durch den Strom hervorgebrachten Glühens ist, und vollkommen analog dem Glühen eines feinen Platindrahts, welcher die Enden der voltaschen Batterie verbindet.

1075. Wenn Quecksilber zu einer oder beiden Berührungsflächen genommen ist, wird die Helligkeit des Funkens bedeutend verstärkt. Allein da diese Verstärkung von der Einwirkung

auf das Metall und wahrscheinlich von der Verbrennung desselben herrührt, so dürfen dergleichen Funken auch nur verglichen werden mit andern aus Quecksilberflächen gezogenen Funken, und nicht mit denen, die man z. B. aus Platin- oder Goldflächen zieht, denn diese sind, bei gleicher Menge von übergegangener Elektricität, weit weniger hell. Es ist selbst nicht unwahrscheinlich, dass die für gewöhnlich eintretende Verbrennung sogar auf die Dauer des Lichtes einwirkt, dass Funken, gezogen aus Quecksilber, Kupfer und anderen brennbaren Körpern, eine merklich längere Dauer haben als diejenigen, welche zwischen Platin und Gold überspringen. [2])

1076. Wenn das Ende eines kurzen sauberen Kupferdrahts, welcher an der einen Platte eines Elektromotors befestigt ist, sorgsam auf die mit der anderen Platte verbundene Quecksilberfläche herabgelassen wird, so kann man einen fast continuirlichen Funken erhalten. Dies schreibe ich einer Reihe von Wirkungen folgender Art zu: Zuerst Berührung, — dann Glühen der Berührungspunkte, — Zurückweichen des Quecksilbers als mechanisches Resultat der' an der Berührungsstelle entwickelten Hitze und des elektromagnetischen Zustandes der Theile in diesem Moment*), — Unterbrechung des Contacts und Erzeugung des davon abhängigen eigenthümlichen starken Effects, — Erneuung des Contacts durch Rückkehr der Oberfläche des undulirenden Quecksilbers, — und dann eine Wiederholung derselben Reihe von Effecten, und zwar mit solcher Schnelligkeit, dass daraus der Anblick einer continuirlichen Entladung hervorgeht. Wenn man statt des kurzen Drahts einen langen Draht oder einen Elektromagnet (d. h. den Draht desselben. *P.*) anwendet, lässt sich eine ähnliche Erscheinung dadurch hervorbringen, dass man das Quecksilber durch Erschütterungen seines Gefässes in Schwingungen versetzt; allein die Funken folgen einander nicht so rasch, um den Anschein eines continuirlichen Funken zu erzeugen, weil, wenn ein langer Draht oder ein Elektromagnet gebraucht wird, zur vollen Entwicklung des Stroms (1101, 1106) und zur vollen Aufhörung desselben eine gewisse Zeit erforderlich ist.

1077. Kehren wir indess zu den in Rede stehenden Erscheinungen zurück. Der erste Gedanke der sich darbietet, ist: dass die Elektricität in dem Drahte mit Etwas, einem

---

*) Quarterly Journal of Science, Vol. XII, p. 420.

Momente oder einer Trägheit Aehnlichem circulire, und dass dadurch ein langer Draht in dem Augenblick, da der Strom gehemmt wird, Effecte erzeuge, die ein kurzer Draht nicht hervorbringen kann. Eine solche Erklärung wird jedoch durch die Thatsache widerlegt, dass ein Draht von gleicher Länge die Wirkungen in sehr verschiedenen Graden hervorbringt, je nachdem er einfach ausgestreckt, oder zu einer Schraube aufgerollt, oder um einen Elektromagnet (1069) gewickelt ist. Die (1089) angeführten Versuche werden noch auffallender zeigen, dass die Idee von einem Momente unhaltbar ist.

1078. Der helle Funke an dem Elektromotor und der Schlag in den Armen scheinen mir offenbar von einem Strom in dem langen Drahte herzurühren, der durch den doppelten Weg, welcher sich ihm durch den Körper und durch den Elektromotor darbietet, in zwei Theile zerfällt. Denn dass der Funke an der Stelle der Trennung zwischen Draht und Elektromotor nicht aus einer directen Einwirkung des letzteren, sondern aus einer unmittelbar in dem Verbindungsdraht ausgeübten Kraft entspringe, scheint mir unzweifelhaft (1070). Daraus folgt, dass man durch Anwendung eines besseren Leiters an Stelle des menschlichen Körpers hier diesen Extrastrom gänzlich übergehen lassen, ihn von dem durch unmittelbare Action des Elektromotors erzeugten trennen, und seiner Richtung nach gesondert von jeder Störung von Seiten des ursprünglichen und erzeugenden Stroms untersuchen könne. Diese Folgerung ergab sich als richtig. Denn als die beiden Enden des Hauptdrahts durch einen Querdraht von zwei bis drei Fuss Länge verbunden wurden, dort, wo die Hände den Schlag gefühlt hatten, ging der Extrastrom ganz diesen neuen Weg, und zugleich wurde an der Trennungsstelle am Elektromotor kein besserer Funke erhalten als mit einem kurzen Draht.

1079. Den so getrennten Strom untersuchte ich mittelst eines Galvanometers und Zersetzungsapparates, die in die Bahn dieses Drahts gebracht wurden. Ich will immer von ihm als vom Strom in dem Querdrahte oder den Querdrähten sprechen, damit hinsichtlich seines Orts und seines Ursprungs kein Missverständniss entstehe. In Fig. 1 stellen Z und C die Zink- und Kupferplatte vor, G und E die Näpfchen mit Quecksilber, wo der Contact vollzogen oder unterbrochen wird (1052), A und B die Enden von D, dem zur Schliessung

der Kette angewandten langen Draht, Schraubendraht oder Elektromagnet; *N* und *P* sind die Querdrähte, welche entweder bei *x* in Berührung gebracht, oder mit einem Galvanometer (1058) oder Elektrolysirungsapparat (312, 316) verbunden werden.

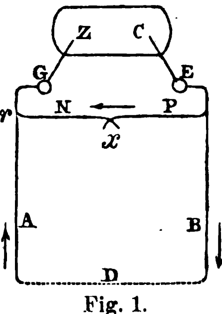


Fig. 1.

Dass von dem Strom in dem Querdraht ein Schlag erzeugt wird, *D* mag ein lang ausgestreckter oder ein schraubenförmig aufgerollter Draht oder ein Elektromagnet sein, ist bereits beschrieben worden (1064, 1061, 1060).

1080. Der Funke des Querdraht-Stroms liess sich bei *x* in folgender Weise erhalten. *D* ward zu einem Elektromagnet gemacht, die Metallenden bei *x* wurden dicht zusammen gehalten oder leicht gegen einander gerieben, während der Contact bei *G* oder *E* abgebrochen ward. Wenn die Communication bei *x* vollkommen war, erschien bei *G* oder *E* wenig oder gar nichts von einem Funken. War bei *x* der Zustand der Nähe günstig für das verlangte Resultat, so ging daselbst in dem Moment der Trennung ein heller Funke über, während bei *G* und *E* keiner erschien. Dieser Funke war der leuchtende Durchgang des Extrastroms durch die Querdrähte. Wenn bei *x* kein Contact oder Uebergang des Stroms vorhanden war, so erschien der Funke bei *G* oder *E*, indem der Extrastrom seinen Weg durch den Elektromotor selbst erzwang. Dieselben Resultate ergaben sich auch, wenn bei *D* ein Schraubendraht oder statt des Elektromagnets ein ausgestreckter Draht angewandt wurde.

1081. Als bei *x* ein zarter Platindraht eingefügt, und bei *D* der Elektromagnet angewandt wurde, traten, so lange die Kette geschlossen blieb, keine sichtbaren Wirkungen ein. So wie aber bei *G* oder *E* der Contact unterbrochen ward, gerieth der zarte Platindraht augenblicklich ins Glühen und Schmelzen. Ein langer oder dicker Draht konnte so ajustirt werden, dass er bei *x*, jedesmal wenn der Contact bei *G* oder *E* unterbrochen ward, ins Glühen kam, ohne zu schmelzen.

1082. Mit Drähten oder Schraubendrähten ist es etwas schwierig diese Wirkung zu erhalten, und zwar aus sehr einfachen Gründen Bei den Schrauben I, II oder III fand, wegen der Länge ihrer Drähte, eine solche Verlangsamung

des elektrischen Stroms statt, dass während der Fortdauer des Contacts, an den Querdrähten, in Folge der durch sie gehenden Portion von Elektricität ein Platindraht von 0,02 Zoll Dicke und einem vollen Zoll in Länge glühend erhalten werden konnte. Es ist also unmöglich, die besonderen Wirkungen beim Schliessen und Oeffnen von dieser unausgesetzten Wirkung zu unterscheiden.

1083. Bei Anwendung der dickdrahtigen Schraube (1055) ergaben sich dieselben Resultate. Ausgehend von der bekannten Thatsache, dass elektrische Ströme von grosser Quantität, aber geringer Intensität, wohl fähig sind, dicke Drähte ins Glühen zu versetzen, nicht aber dünne, gebrauchte ich jedoch bei x einen sehr dünnen Platindraht, und verringerte seinen Durchmesser so weit, bis bei G und E ein Funke erschien, wenn der Contact daselbst unterbrochen ward. Ein ein Viertelzoll langes Stück eines solchen Drahts konnte bei x eingeschaltet werden, ohne durch die bei G und E unterhaltene Berührung ins Glühen zu kommen; als aber an einer dieser Stellen die Berührung unterbrochen ward, wurde dieser Draht rothglühend. Durch diese Methode ist also erwiesen, dass in diesem Momente ein inducirter Strom entsteht.

1084. Nun wurden chemische Zersetzungen durch den Strom des Querdrahts bewirkt, und zu dem Ende bei D ein Elektromagnet, so bei x ein Zersetzungsapparat mit Jodkalium-Lösung in Papier angewandt (1079). Die Leitungskraft des Verbindungssystems ABD war hinreichend, den primären Strom vollständig fortzuführen, und daher fand, so lange die Berührung bei G und E unterhalten ward, keine chemische Action bei x statt. Allein so wie diese Berührung unterbrochen ward, trat bei x sogleich Zersetzung ein. Das Jod erschien am Draht N und nicht am Draht P, was beweist, dass der bei Unterbrechung des Contacts durch die Querdrähte gehende Strom die umgekehrte Richtung von dem mit einem Pfeil bezeichneten Strom besitzt, d. h. von dem, welchen der Elektromotor durchgesandt haben würde.

1085. Bei diesem Versuch tritt an der Trennungsstelle ein heller Funke auf, was beweist, dass nur ein kleiner Theil des Extrastroms bei x durch den Apparat geht, wegen der geringeren Leitungskraft des letzteren.

1086. Mit blossen Schraubendrähten und Drähten fand ich es schwierig chemische Zersetzungen zu erhalten, weil diese Vorrichtungen eine geringe Inductivkraft besitzen, und weil,

sobald ein sehr kräftiger Elektromotor angewandt wird (1082), bei x ein starker constanter Strom durchgeht.

1087. Die lehrreichste Reihe von Resultaten ergab sich, wenn bei x ein Galvanometer eingeschaltet wurde. Als bei D ein Elektromagnet angewandt und der Contact (bei G und E) unterhalten wurde, zeigte die Ablenkung der Magnetnadel einen von P nach N, also in Richtung des Pfeiles gehenden Strom an; der Querdraht diente dabei zur Leitung eines Theils der durch den Elektromotor erregten Elektricität und die Vorrichtung ABD, wie es der Pfeil anzeigt, zur Leitung des andern und bei weitem grösseren Theils. Nun wurde die Nadel, mittelst Stifte, die an die entgegengesetzten Seiten seiner beiden Enden gehalten wurden, in ihre natürliche Lage, in die, welche sie ohne Einwirkung eines Stroms einnahm, zurückgeführt, und darauf die Berührung bei G oder E unterbrochen; sogleich wich sie stark nach der entgegengesetzten Seite ab, und bewies so in Uebereinstimmung mit den chemischen Wirkungen (1084), dass der Extrastrom in den Querdrähten eine umgekehrte Richtung hatte als durch den Pfeil angegeben ist, d. h. als der durch die directe Action des Elektromotors erzeugte Strom*).

1088. Mit dem blossen Schraubendraht würden sich diese Wirkungen schwerlich erhalten lassen, weil dieser eine geringere vertheilende Kraft besitzt, weil der Galvanometerdraht selbst durch Vertheilung entgegengesetzt wirkt, und wegen anderer Ursachen. Bei dem bloss ausgestreckten Draht haben alle diese Umstände einen noch grösseren Einfluss, und daher giebt derselbe noch weniger Aussicht auf einen Erfolg.

1089. Diese Versuche, welche in der Quantität, Intensität und selbst Richtung einen Unterschied zwischen dem primären oder erzeugenden Strom und dem Gegenstrom (*Extra-current*) festsetzen, ließen mich schliessen, dass der letztere identisch war mit dem in der ersten Reihe dieser Untersuchungen (6, 26**) beschriebenen Strom; und bald war ich im Stande, diese Ansicht zu erweisen, und zugleich die beiden Ströme nicht theilweis (1078), sondern gänzlich von einander zu trennen.

---

*) Es ward durch Versuche ausgemittelt, dass, wenn ein starker Strom bloss durch das Galvanometer geleitet und die Nadel auf obige Art in ihre natürliche Lage zurückgeführt wurde, bei Aufhebung des Stroms keine Vibration der Nadel in entgegengesetzter Richtung stattfand.

**) *Pogg.* Annalen, Bd. XXV, S. 92 und 98. Klass. Heft 81, S. 4.

1090. Die doppelte Schraube (1053) wurde so vorgerichtet, dass I den Verbindungsdraht zwischen den Platten des Elektromotors abgab, II aber ausserhalb des Stroms sich befand und mit seinen Enden frei war. Bei dieser Anordnung gab I zur Zeit und am Ort der Trennung (von dem Elektromotor. *P.*) einen guten Funken. Nun verknüpfte ich die Enden von II mit einander, so dass ein geschlossener Draht gebildet wurde, liess aber I unverändert. Allein nun konnte mit letzterem am Trennungsort kein oder ein kaum sichtbarer Funke erhalten werden. Jetzt wurden die Enden von II bloss so dicht an einander gehalten, dass wenn ein Strom diesen Draht entlang lief, er als Funke erscheinen musste, und auf diese Weise wurde aus II ein Funke erhalten, wenn die Verbindung von I mit dem Elektromotor unterbrochen ward, statt dass er früher (als die Enden von II einander nicht so nahe gebracht waren. *P.*) an dem abgehobenen Ende von I selbst erschien.

1091. Nach Einschaltung eines Galvanometers oder Zersetzungsapparats in den von der Schraube II gebildeten Kreis konnte ich durch den inducirten Strom, welcher bei Unterbrechung des Contacts der Schraube I mit dem Elektromotor entstand, und selbst durch den, welcher bei Herstellung dieses Contacts erregt ward, leicht Ablenkungen oder Zersetzungen erhalten, und in beiden Fällen zeigten die Resultate bei den beiden so erzeugten inducirten Strömen entgegengesetzte Richtungen an (26).

1092. Alle diese Erscheinungen, mit Ausnahme der Zersetzungen, liessen sich auch mit zwei langen ausgestreckten Drähten erhalten, die nicht die Gestalt von Schrauben besassen, aber dicht neben einander lagen. Und so ergab sich, dass der Extrastrom sich aus dem Draht, der den ursprünglichen Strom leitete, auf den benachbarten Draht übertragen, und zugleich, sowohl in Richtung wie in jeder anderen Hinsicht, identificiren lasse mit den durch Induction erregbaren Strömen (1089). Mit dem Funken und dem Schlag bei Unterbrechung des Contacts verhält es sich demnach so: Wenn ein Strom durch einen Draht geleitet wird, und ein anderer Draht, der einen geschlossenen Kreis bildet, befindet sich dem ersten parallel gelegt, so wird, im Moment da im ersten Draht der Strom unterbrochen wird, in dem zweiten Draht ein Strom in g l e i c h e r Richtung erregt, und der erste zeigt alsdann nur einen schwachen Funken; allein, wenn der zweite Draht fortgenommen wird, veranlasst die Abtrennung des ersten

Drahts (von dem Elektromotor. *P.*) in diesem Drahte selbst einen Strom in gleicher Richtung, der einen starken Funken erzeugt. Der starke Funke aus dem einfachen langen Draht oder dem Schraubendraht im Moment der Abtrennung (von dem Elektromotor. *P.*) ist daher das Aequivalent des Stroms, welcher in einem benachbarten Draht erzeugt sein würde, wenn ein solcher zweiter Strom gestattet wäre.

1093. Betrachtet man die Erscheinungen als die Resultate der Vertheilung elektrischer Ströme, so wird Manches bei den früheren Versuchen weit deutlicher, so z. B. die Verschiedenheit der Wirkungen kurzer und langer Drähte, Schraubendrähte und Elektromagnete (1069). Beobachtet man die vertheilende Wirkung, welche ein fusslanger Draht auf einen daneben liegenden Draht von ebenfalls der Länge eines Fusses ausübt, so findet man sie sehr gering; leitet man aber denselben Strom durch einen Draht von fünfzig Fuss Länge, so erregt er, im Moment, da mit ihm der Elektromotor geschlossen oder geöffnet wird, in einem benachbarten Draht von funfzig Fuss Länge einen weit kräftigeren Strom, und jede Verlängerung des Drahts erhöht die Summe der Wirkung. Aus denselben Gründen (*by parity of reasoning*) würde eine ähnliche Wirkung eintreten, wenn der leitende Draht zugleich der ist, in welchem der inducirte Strom gebildet wird. Dies ist der Grund (*hence the reason*), warum ein langer Draht beim Oeffnen der Kette einen helleren Funken giebt als ein kurzer (1068), wiewohl er weit weniger Elektricität leitet.

1094. Wenn ein langer Draht zu einer Schraube aufgerollt wird, so ist er, beim Oeffnen der Kette, noch wirksamer in Hervorbringung von Funken und Schlägen; denn durch die vertheilende Einwirkung der Windungen auf einander verstärkt eine jede die benachbarte und wird von ihr verstärkt, wodurch dann die Summe der Wirkung sehr erhöht wird.

1095. Durch einen Elektromagnet wird die Wirkung noch weit mehr verstärkt, weil das durch die Kraft des continuirlichen Stroms magnetisirte Eisen seinen Magnetismus in dem Momente der Aufhörung des Stroms verliert, und, wenn dies geschieht, in dem um ihn geschlungenen Draht einen elektrischen Strom zu erregen trachtet (37, 38), übereinstimmend mit demjenigen, welchen die Aufhörung des Stroms in dem Schraubendraht in diesem selbst ebenfalls hervorzurufen sucht.

1096. Durch Anwendung der früherhin (6 etc.) aufgestellten Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme lassen sich

verschiedene Versuche erdenken, deren Resultate als Beweise für die Richtigkeit der eben gegebenen Ansichten dienen können. Wenn so z. B. ein langer Draht von der Mitte aus zusammengeschlagen wird, so dass der Strom in den beiden Hälften entgegengesetzte Wirkung ausüben muss, so darf er bei Oeffnung der Kette keinen merkbaren Funken geben, und dies ist wirklich der Fall, denn ein mit Seide besponnener Draht von 40 Fuss Länge, von der Mitte aus zusammengeschlagen, und bis vier Zoll von den Enden dicht zusammengebunden, gab in diesem Zustande kaum einen wahrnehmbaren Funken; als derselbe Draht aber aus einander gebreitet wurde, gab er einen sehr guten Funken. Als die beiden Schrauben I und II an einer Seite mit ihren Enden verknüpft, und darauf die beiden andern Enden zur Schliessung des Elektromotors gebraucht wurden, so dass beide Schrauben eine einzige lange Schraube bildeten, deren Hälften entgegengesetzte Richtungen hatten, — erhielt ich kaum einen wahrnehmbaren Funken, selbst wenn ein Stab von weichem Eisen in die Schraube gelegt worden, die doch beinahe 200 Fuss Draht enthielt. Wurden dagegen die beiden Schrauben in übereinstimmender Richtung zu einer einzigen Schraube verbunden, so gab diese einen sehr hellen Funken.

1097. Aehnliche Beweise lassen sich aus der gegenseitigen Einwirkung zweier getrennten Ströme (1110) herleiten; und es ist wichtig für die allgemeinen Principien, die übereinstimmende Wirkung zweier solcher Ströme nachzuweisen. Gehen zwei Ströme in gleicher Bichtung und werden sie gleichzeitig unterbrochen, so verstärken sie einander durch ihren gegenseitigen Einfluss; gehen sie aber in entgegengesetzten Richtungen, so schwächen sie einander unter denselben Umständen. Ich bemühte mich zunächst zwei Ströme aus zwei verschiedenen Elektromotoren durch die beiden Schrauben I und II zu leiten, und eine gleichzeitige Oeffnung beider Ketten mechanisch zu bewerkstelligen; allein dies gelang nicht, denn immer war die eine Kette etwas früher als die andere geöffnet, und dann gab sie wenig oder gar nichts von einem Funken. indem die vertheilende Kraft des geöffneten Kreises zur Erregung eines Stroms in dem geschlossen gebliebenen (1090) verwandt wurde; der Strom, welcher zuletzt unterbrochen ward, gab immer einen hellen Funken. Wenn es je von Nutzen sein sollte, auszumitteln, ob die Oeffnung zweier voltascher Ketten genau zu gleicher Zeit geschieht, so würden diese

Funken einen Beweis dafür liefern, der fast einen unendlichen Grad von Vollkommenheit besitzt.

1098. Diese Punkte vermochte ich auch noch auf einem andern Wege zu erweisen. Ich nahm zwei kurze dicke Drähte zur Vollziehung oder Unterbrechung des Contacts mit dem Elektromotor. Die zusammengesetzte Schraube, bestehend aus I und II (1053), ward so adjustirt, dass die Enden dieser beiden Schrauben mit den beiden dicken Drähten verbunden werden konnten, und zwar so, dass der Strom sich in den beiden Schraubendrähten in zwei gleiche Theile theilte, und diese beiden Theile, je nach der Verknüpfungsart, in gleicher oder entgegengesetzter Richtung gehen mussten. Auf diese Weise wurden zwei Ströme erhalten, welche gleichzeitig unterbrochen werden konnten, weil die Unterbrechung in *G* oder *E* durch Abhebung eines einzigen Drahts vollzogen werden konnte. Hatten die beiden Schrauben entgegengesetzte Richtungen, so war an der Trennungsstelle kaum ein Funke sichtbar; hatten sie aber gleiche Richtung, so erschien daselbst ein sehr heller.

1099. Nun wurde beständig die Schraube I gebraucht, zuweilen verknüpft mit der Schraube II in übereinstimmender Richtung, zuweilen mit der Schraube III, welche in kleinem Abstande daneben gelegt ward. Die Verknüpfung von I und II, welche zwei, vermöge ihrer Nähe, vertheilend auf einander einwirkende Ströme darbot, gab einen helleren Funken als die Verknüpfung von I und III, wo die beiden Ströme ihren wechselseitigen Einfluss nicht ausüben konnten; allein der Unterschied war nicht so gross als ich erwartet hatte.

1100. So beweisen denn alle Erscheinungen, dass die Wirkungen von einer Vertheilung herrühren, die im Augenblick der Hemmung des Hauptstromes eintritt. Einmal glaubte ich, sie entsprängen aus einer anhaltenden Wirkung während der Fortdauer des Stroms, und erwartete, dass ein Stahlmagnet, in gehöriger Lage in einen Schraubendraht gebracht, einen ähnlichen Einfluss wie das weiche Eisen ausüben und also die Wirkung verstärken würde. Allein dies ist nicht der Fall, denn harter Stahl oder ein Magnet, in den Schraubendraht gebracht, ist nicht so wirksam als weiches Eisen; auch macht es einen Unterschied, wie der Magnet in den Schraubendraht gelegt wird. Die Gründe hiervon sind einfach die, dass die Wirkung nicht von einem permanenten Zustand des (eisernen oder stählernen. *P.*) Kerns (*core*), sondern von einer Veränderung



seines Zustands abhängt, und dass der Magnet oder der harte Stahl seinen Zustand im Moment der Aufhebung des Contacts nicht so rasch wie weiches Eisen verändern kann; daher ist es denn auch in der Hervorrufung eines Elektricitätsstroms durch Vertheilung nicht so wirksam wie dieses*).

1101. Da ein elektrischer Strom im Momente seines Beginns mit gleicher Stärke vertheilend wirkt, wie im Momente seines Aufhörens (10, 26), nur in entgegengesetzter Richtung, so musste die Herleitung der in Rede stehenden Erscheinungen von einer vertheilenden Wirkung zu der Folgerung führen, dass entsprechende, aber entgegengesetzte Wirkungen in einem langen Draht, in einem Schraubendraht oder Elektromagnet eintreten werden, jedesmal wenn die Berührung mit dem Elektromotor vollzogen wird. Diese Wirkungen werden im ersten Augenblick in einem langen Leiter einen Widerstand, und dadurch ein dem Umgekehrten von einem Schlag oder Funken äquivalentes Resultat hervorzubringen suchen. Nun ist es zwar sehr schwierig, Mittel zu ersinnen, die zur Erkennung solcher negativen Resultate geschickt wären; allein da es wahrscheinlich ist, dass zugleich irgend eine positive Wirkung hervorgebracht wird, sobald wir wissen was zu erwarten steht, so glaube ich, die neuen Thatsachen, welche auf diesen Gegenstand zielen, werden der Erwähnung werth sein.

1102. Die zuvor (1084) beschriebene Vorrichtung mit einem Elektromagnet und einem Zersetzungsapparat bei x wurde wieder angewandt, ausgenommen, dass die Intensität der chemischen Action des Elektromotors so verstärkt wurde, bis der elektrische Strom, bei Unterhaltung des Contacts in G und E (1079) gerade im Stande war, die schwächsten Anzeigen einer Zersetzung zu geben (Jod erschien dann am Ende des Querdrahts P). Der Draht N war auch bei r von A getrennt, so dass daselbst der Contact nach Gefallen vollzogen oder abgebrochen werden konnte. Unter diesen Umständen wurde die folgende Reihe von Operationen mehrmals wiederholt; der Contact wurde bei r unterbrochen, dann bei G unterbrochen, dann bei r wieder hergestellt und zuletzt auch bei G erneut. So wurde jeder durch Unterbrechung des Contacts herrührende

*) Bei Bewegung würde aber natürlich der Stahlmagnet wie weiches Eisen wirken. *P.*

Strom N nach P hin verhütet; allein jede aus der Vollziehung des Contacts entspringende Verstärkung des Stroms von P nach N hin konnte beobachtet werden. Auf diese Weise ergab sich, dass durch wenige Vollziehungen des Contacts eine weit stärkere Zersetzung (Entwicklung von Jod an P) erhalten werden konnte, als in weit längerer Zeit durch einen bei Fortdauer des Contacts übergehenden Strom. Dies schreibe ich dem Act der Vertheilung in dem Draht ABD zu, wodurch im Momente des Contacts dieser Draht zu einem schlechten Leiter ward, oder vielmehr der Durchgang der Elektricität durch denselben für einen Augenblick eine Verzögerung erlitt, so dass eine größere Menge von der vom Elektromotor erzeugten Elektricität seinen Durchgang durch den Querdraht NP nahm. Im Augenblick, da die Vertheilung aufhörte, bekam ABD wieder seine volle Kraft zur Leitung eines elektrischen Stroms, und diese Kraft musste, wie wir aus den früheren (1060) Versuchen wissen, sehr verstärkt werden durch die entgegengesetzte Vertheilungswirkung, welche im Momente der Unterbrechung des Contacts bei Z oder C in Thätigkeit gesetzt ward.

1103. Es wurde nun bei x ein Galvanometer eingeschaltet, und, während der Contact bei G und E unterhalten ward, die Ablenkung der Nadel aufgezeichnet. Die Nadel ward dann, wie früher, nach der einen Richtung hin gehemmt (1087), so dass sie bei Aufhörung des Stroms nicht zurückkehren konnte, sondern in der Lage bleiben musste, welche ihr der Strom gegeben hatte. Bei Unterbrechung des Contacts bei G oder E war natürlich keine Wirkung sichtbar; jetzt ward er wieder hergestellt, und augenblicklich wich die Nadel von den Hemmstiften ab, so dass sie also noch weiter aus ihrer natürlichen Lage abgelenkt ward als es durch den constanten Strom geschehen war. Durch diesen temporären Ueberschuss des Stroms in der Querleitung war also die temporäre Verzögerung in dem Bogen ABD nachgewiesen.

1104. Als bei x (1081) ein so ajustirter Platindraht angebracht wurde, dass er durch den Strom, welcher bei Unterhaltung des Contacts in G und E durch ihn ging, nicht ins Glühen gerieth, wohl aber durch einen etwas stärkeren Strom, war ich leicht im Stande, dieses Glühen durch Vollziehung sowohl wie durch Aufhebung des Contacts hervorzubringen. So war denn die momentane Verzögerung in ABD bei Vollziehung des Contacts so gut wie das entgegengesetzte Resultat

bei Aufhebung des Contacts hierdurch erwiesen. Das zweimalige Glühen des Drahts bei x wurde also erzeugt durch elektrische Ströme, die in entgegengesetzten Richtungen wanderten.

1105. Bei Anwendung des blossen Schraubendrahts konnte ich, durch den Extrastrom bei Vollziehung des Contacts, keine deutlichen Ablenkungen bei x erhalten, aus Gründen, die bereits erwähnt wurden (1088). Als daselbst ein sehr dünner Platindraht angewandt wurde (1083), gelang es, durch Vollziehung des Contacts, denselben ins Glühen zu versetzen; allein bei weitem nicht in dem Grade wie mittelst des Elektromagnets (1104).

1106. Der Effect bei Vollziehung des Contacts lässt sich auch erkennen und abschätzen, wenn man die Vertheilungskraft aus dem Draht, welcher den ursprünglichen Strom leitet, in einen Seitendraht überführt, wie in den beschriebenen Fällen (1090), und wir erlangen dabei sowohl durch chemische als durch galvanometrische Resultate (1091) die Gewissheit, dass die bei Vollziehung und Aufhebung des Contacts entstehenden Kräfte, wie Action und Reaction, einander an Stärke gleich, in Richtung aber entgegengesetzt sind. Wenn daher der Effect bei Vollziehung des Contacts auf eine blosse Schwächung (*Retardation*) des Stroms im ersten Moment seiner Existenz zurückkommt, so muss er, seiner Stärke nach, äquivalent sein der grossen Verstärkung (*Exaltation*), die derselbe Strom im Moment der Unterbrechung des Contacts erfährt.

1107. Der Vorgang unter obigen Umständen besteht also darin, dass die Intensität und Quantität der sich in einem Strom bewegenden Elektricität zu Anfang und bei Verstärkung des Stromes kleiner, bei Aufhebung oder bei Schwächung grösser sind als sie sein würden, wenn die in diesen Momenten eintretende Vertheilungswirkung nicht stattgefunden hätte, oder wie sie in dem Draht des ursprünglichen Stromes sind, wenn die vertheilende Wirkung aus diesem Draht in einen benachbarten übergeführt wird (1090).

1108. Aus der Leichtigkeit der Ueberführung in benachbarte Drähte und aus den Effecten überhaupt, scheint es, als seien die vertheilenden Kräfte lateral, d. h. als wirken sie in senkrechter Richtung gegen den ursprünglichen und den erzeugten Strom; auch scheinen sie genau durch die magnetischen Curven dargestellt zu werden, und in innigem Zusammenhange mit den magnetischen Kräften zu stehen, wenn nicht mit ihnen identisch zu sein.

1109. Ganz ohne Zweifel wirkt der in einem Theile eines Drahts vorhandene Strom durch Vertheilung auf andere Theile desselben Drahts, die dem ersteren zur Seite, d. h. mit ihm in einem Querschnitt liegen, oder mehr oder weniger schief gegen ihn sind (1112), gerade so wie ein Strom einen anderen in einem benachbarten Draht hervorzubringen vermag. Dies giebt dann zu dem Schein einer Rückwirkung des Stroms auf sich selbst Veranlassung; allein alle Versuche und Analogien neigen dahin zu zeigen, dass die Elemente (wenn ich so sagen darf) der Ströme nicht auf sich selbst einwirken, und dadurch die in Rede stehende Wirkung hervorbringen, sondern dieselben erzeugen, indem sie in einer leitenden Substanz, die ihnen zur Seite liegt, Ströme erregen.

1110. Es wäre möglich, dass einige der von mir gebrauchten Ausdrücke scheinbar die Meinung einschliessen, als sei die vertheilende Wirkung nichts anderes als (*essentially*) die Wirkung eines Stroms auf einen anderen, und die von einem Elemente eines Stromes auf ein anderes Element desselben Stroms. Um eine solche Folgerung zu verhüten, muss ich meine Meinung deutlicher ausdrücken. Nehmen wir einen geschlossenen (*endless*) Draht, so haben wir die Mittel, in demselben einen Strom zu erzeugen, welcher in dem Kreise circulirt, ohne die vorher im Draht befindliche Elektricität zu vermehren. So weit wir zu beurtheilen vermögen, ist die Elektricität, welche als Strom erscheint, dieselbe, welche zuvor im Drahte ruhend war; und wiewohl wir bis jetzt nicht im Stande sind, den wesentlichen Unterschied im Zustande der Elektricität zu beiden Seiten anzugeben, so können wir doch leicht diese beiden Zustände erkennen. Wenn nun ein Strom durch Vertheilung auf eine zur Seite liegende leitende Substanz einwirkt, so wirkt er wahrscheinlich auf die in dieser leitenden Substanz befindliche Elektricität, diese mag strömen oder ruhen; im ersten Fall wird er den Strom, je nach seiner Richtung, verstärken oder schwächen, im letzteren aber einen Strom erregen, und der Betrag der vertheilenden Wirkung ist wahrscheinlich in beiden Fällen derselbe. Nach dem eingeschränkten Sinne, welchen man gegenwärtig mit dem Worte Strom verknüpft (283, 517, 667), würde es daher ein Irrthum sein, wenn man sagte, die Vertheilungswirkung beruhe auf der gegenseitigen Beziehung zweier oder mehrer Ströme.

1111. Mehre der Wirkungen, wie z. B. die bei Schraubendrähten (1066), bei gleich oder entgegengesetzt laufenden

Strömen (1097, 1098) und die bei Erzeugung von Seitenströmen (1090) schienen anzudeuten, dass ein Strom leichter in einem benachbarten Draht einen Vertheilungseffect hervorbringen könne als in einem eignen Drahte, und es stand daher zu erwarten, dass einige abweichende Resultate erhalten werden würden, wenn man statt eines einfachen Drahts ein Bündel Drähte als Leiter anwendete. Demzufolge wurden nachstehende Versuche angestellt. Ein Kupferdraht von $^1/_{23}$ Zoll Dicke wurde in mehre 5 Fuss lange Stücke zerschnitten; sechs derselben wurden neben einander liegend zu einem Bündel vereinigt und mit ihren Enden an zwei dickere Kupferdrähte gelöthet. Wenn diese Vorrichtung als Entladungsdraht gebraucht wurde, theilte sich der Hauptstrom in sechs Arme, die entweder parallel dicht neben einander liefen, oder durch Ausbreitung der Drähte mehr oder weniger ihrem wechselseitigen Einfluss entrückt werden konnten. Wenn die sechs Drähte dicht zusammen lagen, schien mir bei Unterbrechung des Contacts der Funke etwas heller zu sein, als im Fall sie aus einander gehalten wurden.

1112. Ein anderes Bündel, zwanzig solcher Drähte enthaltend, war 18 Fuss lang, und seine Enddrähte hielten 0,2 Zoll Dicke und sechs Zoll Länge. Dieses Bündel wurde verglichen mit einem 19 Fuss langen Kupferdraht von 0,2 Dicke. Bei Aufhebung des Contacts gab das Bündel, selbst wenn seine Stränge durch einen Faden dicht zusammengeschnürt wurden, einen kleineren Funken als der einfache Draht; und noch kleiner war der Funke, wenn die Stränge des Bündels aus einander gebreitet wurden. Im Ganzen entsprach indess die Verringerung des Effects nicht meiner Erwartung, und ich bezweifle, ob die Resultate irgend einen Beweis von der Wahrheit der obigen Voraussetzung ablegen.

1113. Die vertheilende Kraft, durch welche zwei Elemente eines Stroms (1109, 1110) auf einander wirken, scheint in dem Maasse abzunehmen als die Verbindungslinie zwischen ihnen schiefer wird gegen die Richtung des Stroms, und endlich ganz zu verschwinden, wenn sie ihr parallel ist. Aus einigen Resultaten vermuthe ich, dass sie dann sogar in die von Hrn. *Ampère**) beobachtete Abstossungskraft übergeht, welche auch die Ursache der von Sir *Humphry Davy***)

---

*) Recueil d'observations électrodynamiques, p. 285.

**) Philosoph. Transact. 1823, p. 155.

beschriebenen Erhebung des Quecksilbers ist, und vermuthlich direct mit der Qualität der Intensität zusammenhängt.

1114. Ungeachtet die Effecte nur bei Vollziehung und Aufhebung des Contacts zum Vorschein kommen (der Strom anscheinend in der Zwischenzeit unergriffen bleibt), so kann ich mich doch des Gedankens nicht erwehren, dass durch die Seitenwirkung der Elemente des elektrischen Stroms, während der Zeit seiner Fortdauer, irgend ein verwandter und entsprechender Effect ausgeübt werde (60, 242). Eine Wirkung dieser Art ist wirklich in den magnetischen Beziehungen der Theile des Stromes sichtbar. Nehmen wir indess an (wie wir es für diesen Augenblick thun wollen), dass die magnetischen Kräfte es seien, welche so auffallende und abweichende Resultate zu Anfange und zu Ende eines Stroms erzeugen, so scheint doch, als fehle noch ein bisher unerkanntes Glied in der Kette von Effecten, ein Rad in dem physischen Mechanismus der Wirkung. Betrachtet man Elektricität und Magnetismus als die Resultate zweier, in bestimmten Richtungen senkrecht gegen einander ausgeübten Kräfte eines physischen Wesens oder eines besonderen Zustands der Materie, so scheint mir muss man auch annehmen, diese beiden Zustände oder Kräfte seien bis zu geringerem oder grösserem Grade in einander umwandelbar, d. h. ein Element eines elektrischen Stroms habe nicht eine bestimmte elektrische Kraft und eine bestimmte magnetische Kraft, die beständig in einem und demselben Verhältniss vorhanden seien, sondern diese beiden Kräfte seien durch einen uns bis jetzt unbekannten Process oder Zustandswechsel in einander umwandelbar. Wie könnte sonst ein Strom von gegebener Intensität und Quantität im Stande sein, durch seine directe Einwirkung einen Zustand zu unterhalten, welcher, wenn man ihm zu reagiren erlaubt (bei Aufhebung des ursprünglichen Zustands), einen zweiten Strom erregt, der eine weit grössere Intensität und Quantität als der erzeugende besitzt? Dies kann nicht aus einer directen Reaction der elektrischen Kraft entspringen; und wenn es aus einer Verwandlung der elektrischen Kraft in eine magnetische und eine Rückverwandlung dieser in jene entspränge, so würde dies zeigen, dass sie in mehr als bloss der Richtung verschieden seien, rücksichtlich desjenigen Agens in dem Leitungsdraht, welches ihre unmittelbare Ursache ausmacht.

1115. Was den intermediären und indifferenten Zustand betrifft, durch den die, bei Vollziehung und Aufhebung des

Contacts erfolgenden Effecte getrennt werden, so ist diese Trennung wahrscheinlich mehr scheinbar als wirklich. Geschieht die Leitung der Elektricität durch Vibrationen, oder durch einen andern Vorgang, bei welchem entgegengesetzte Kräfte successiv und rasch erregt und vernichtet werden, so lässt sich erwarten, dass zu Anfange und zu Ende der Zeit, während welcher die Leitung fortbesteht, eigenthümliche und entgegengesetzte Kraftentwicklungen stattfinden (einigermaassen analog den Farben an den Grenzen eines unvollkommen entwickelten Sonnenspectrums): und die intermediären Actionen, wiewohl sie auf demselben Wege nicht sichtbar sind, mögen das Eigentlichste der Leitung ausmachen. Dergleichen Ansichten und Schlüsse, welche mir scheinen mit den Fundamental-Gesetzen und -Thatsachen der Elektricitätslehre im Zusammenhange zu stehen, hatten mich veranlasst, ausführlicher, als ich es sonst gethan hätte, in eine experimentelle Prüfung der in diesem Aufsatz beschriebenen Erscheinungen einzugehen.

1116. Ehe ich schliesse muss ich noch bemerken, dass eine voltasche Batterie von 50 Plattenpaaren Resultate von genau derselben Art gab, wie eine einfache Kette (1052). Der Funke beim Schliessen der Batterie war aus zuvor angegebenen Gründen sehr klein (1101, 1107), der beim Oeffnen aber sehr glänzend und schön. Die continuirliche Entladung schien im Charakter nicht geändert zu werden, es mochte ein kurzer Draht oder ein kräftiger Elektromagnet (d. h. dessen Draht. *P.*) als verbindender Entlader angewandt werden.

1117. Die zu Anfange und Ende eines Stroms erzeugten Effecte (welche, wenn dieser Strom von einem voltaschen Apparat geliefert wird, durch eine Zwischenzeit getrennt sind) müssen gleichzeitig eintreten, wenn eine gewöhnliche elektrische Entladung durch einen langen Draht geleitet wird. Ob sie, wenn sie genau gleichzeitig geschehen, einander neutralisiren, oder ob sie der Entladung doch keine bestimmte Eigenthümlichkeit verleihen, bleibt noch zu untersuchen*). Allein es ist sehr wahrscheinlich, dass das Eigenthümliche und Stechende der aus einem langen Draht gezogenen Funken zum Theil

---

*) In dieser Hinsicht sind wohl die merkwürdigen und zu ihrer Zeit so wenig gewürdigten Versuche des Hrn. *Savary* (Annal. Bd. IX S. 443 und Bd. X S. 73) wieder vorzunehmen und durchzusehen.

P.

beruht auf der erhöhten Intensität, welche an den Enden des Entladers durch die daselbst stattfindende Vertheilungswirkung erzeugt wird.

1118. In dem Schraubendraht der magneto-elektrischen Maschine (z. B. der schönen des Hrn. *Saxton*)*) zeigt sich der wichtige Einfluss der obigen Principien. Vermöge der Construction des Apparats muss der elektrische Strom in dem ersten Augenblicke seiner Bildung einen geschlossenen Metallbogen von grosser Länge durchwandern; er nimmt allmälig an Stärke zu und wird dann plötzlich durch Oeffnung des Metallbogens unterbrochen; so erhält dann die in diesem Momente überspringende Elektricität durch Vertheilung eine grosse Intensität (1064, 1060). Diese Intensität zeigt sich nicht nur durch den Glanz der Funken und die Stärke der Schläge, sondern auch durch die erfahrungsmässig erprobte Nothwendigkeit einer guten Isolirung der Windungen des Drahts, in welchem der Strom gebildet wird; sie giebt dem Strom eine Stärke, welche der Apparat ohne Benutzung des Princips, welches den Gegenstand dieses Aufsatzes ausmacht bei weitem nicht erreichen würde.

Royal Institution, 8. Dec. 1834.

*) Annal. Bd. XXXIV S. 502.

Zehnte Reihe.[3])

(Philosoph. Transact. f. 1835. — Pogg. Ann. Band XXXVI.)

1119. Kürzlich habe ich Gelegenheit gehabt den voltaschen Trogapparat praktisch zu untersuchen, in der Absicht die Construction und den Gebrauch desselben zu verbessern, und wiewohl ich nicht behaupte, dass die Resultate die Wichtigkeit der Entdeckung eines neuen Gesetzes besitzen, so glaube ich doch, dass sie einigen Werth haben, und deshalb, in Verbindung mit den früheren Aufsätzen, von der K. Gesellschaft beachtet zu werden verdienen.

XVI. Ueber eine verbesserte Form der voltaschen Batterie.

1120. In einer einfachen voltaschen Kette (und auch in einer Batterie) zerfallen die chemischen Kräfte, welche das Instrument während seiner Thätigkeit entwickelt, überhaupt in zwei Theile. Der eine derselben äussert sich örtlich, der andere aber wird im Kreise herumgeführt (947, 966); der letztere macht den elektrischen Strom des Instrumentes aus, während der erste ganz verloren geht oder zerstört wird. Das Verhältniss zwischen diesen beiden Krafttheilen kann durch Umstände bedeutend abgeändert werden. In einer nicht geschlossenen Batterie z. B. ist die gesammte Wirkung örtlich; bei einer Batterie von gewöhnlicher Construction ist, wenn ihre Enden in Verbindung stehen, ein grosser Theil in Circulation; und bei einer vollkommenen Batterie, wie ich sie (1001) beschrieben habe, circulirt die gesammte chemische Kraft und wird zu Elektricität.[4]) Aus der Menge des von den Platten aufgelösten Zinks (865, 1126) und aus der Grösse der in dem Volta-Elektrometer (711, 1126) oder sonst wo stattfindenden Zersetzung kann das Verhältniss zwischen der örtlichen und der übertragenen Wirkung, und damit auch die Wirksamkeit der voltaschen Batterie oder der an ihren Zinkplatten stattfindende Verlust an chemischer Kraft unter allen Umständen genau ermittelt werden.

1121. Construirt man eine voltasche Batterie aus Zink und Platin auf die Weise, dass das letztere Metall das erste umgiebt, wie in den Vorrichtungen mit doppelter Kupferplatte,

und erregt man das Ganze durch verdünnte Schwefelsäure, so sind keine isolirende Scheidewände von Glas, Porzellan oder Luft zwischen den benachbarten Platinflächen erforderlich; und vorausgesetzt, dass diese sich nicht metallisch berühren, wird dieselbe Säure, welche zwischen dem Zink und Platin die Batterie zur kräftigen Wirksamkeit anregt, zwischen den beiden Platinflächen weder eine Entladung der Elektricität, noch sonst eine Schwächung der Kraft des Troges veranlassen. Dies ist eine nothwendige Folge des Widerstandes, welchen, wie ich gezeigt habe, der Uebergang des Stroms an den Zersetzungsorten erleidet (1007, 1011); denn dieser Widerstand ist vollkommen im Stande den Strom zu hemmen und für die Elektricität der benachbarten Platten als eine Isolation zu wirken, in sofern der Strom, der zwischen diesen überzugehen sucht, niemals eine höhere Intensität besitzt, als die, welche aus der Wirkung eines einfachen Plattenpaars entspringt.

1122. Ist Kupfer das das Zink umgebende Metall, und ist Salpeter-Schwefelsäure die Säure (1020), so findet zwischen den benachbarten Kupferplatten eine schwache Entladung statt, vorausgesetzt, dass für die Circulation der Kräfte kein anderer Kanal geöffnet sei. Wenn aber ein solcher Kanal vorhanden ist, so wird die Rückladung, von der ich spreche, ungemein geschwächt, gemäss den Grundsätzen, die ich in der achten Reihe dieser Untersuchung niedergelegt habe.

1123. Geleitet durch diese Grundsätze wurde ich zur Construction eines voltaschen Troges geführt, in welchem die Kupferplatten, die, wie in *Wollaston*'s Construction, die Zinkplatten auf beiden Seiten umgaben, nicht weiter von einander getrennt waren, als durch einen Raum von Papierdicke, um den Metallcontact zu verhindern, und so ein compactes, kräftiges, ökonomisches und leicht zu gebrauchendes Instrument darzustellen. Später fand ich jedoch, dass dieser neue Trog im Wesentlichen derselbe sei, wie der, welcher vom Dr. *Hare*, Professor an der Universität in Pennsylvanien, erfunden und beschrieben worden ist.

1124. Dr. *Hare* hat seinen Apparat ausführlich beschrieben*). Die benachbarten Kupferplatten sind durch dünne Holzplatten

*) Philosophical Magazine, 1824, Vol. LXIII p. 241, oder *Silliman*'s Journal, Vol. VII. Man sehe auch den früheren Aufsatz des Dr. *Hare* in den Annals of Philosophy, 1821, Vol. I p. 329, in welchem er von der Unwesentlichkeit der Isolation zwischen den Kupferplatten spricht.

getrennt, und die Säure wird, in Bezug auf die Platten, auf- und abgegossen mittelst der Viertel-Umdrehung einer Axe, an welcher sowohl der Trog, der die Platten enthält, als ein anderer Trog, welcher die Flüssigkeit aufnimmt, befestigt ist*). Diese Vorrichtung habe ich als die zweckmässigste von allen gefunden und deshalb angenommen. Meine Zinkplatten waren aus gewalztem Metall geschnitten, und hatten, nachdem sie an die Kupferplatten gelöthet waren, die in der Fig. 2 abgebildete Gestalt. Sie wurden sodann in die Form Fig. 3 gebogen, und darauf in den zu ihrer Aufnahme bestimmten Holzkasten gepackt, wo sie, wie in Fig. 4, angeordnet waren; kleine Korkscheiben hinderten die Zinkplatten an der Berührung der Kupferplatten, und dickes Papier (*cartridge paper*), einfach oder doppelt genommen, das zwischen die benachbarten Kupferplatten gesteckt war, verhütete eben so deren unmittelbare Berührung. Diese Einrichtung gewährt eine solche Leichtigkeit in der Handhabung, dass ein Trog von vierzig Plattenpaaren innerhalb fünf Minuten aus einander genommen, und in einer halben Stunde wieder zusammengesetzt werden kann, und dabei hat die ganze Reihe nicht mehr als 15 Zoll in Länge.

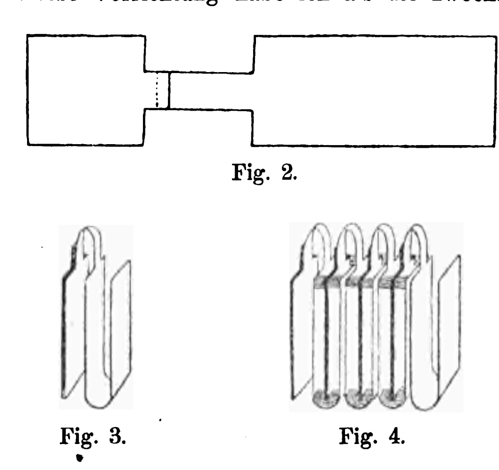


Fig. 2.

Fig. 3. Fig. 4.

---

*) Es sind nämlich zwei Tröge, der Länge nach, zusammengefügt, und zwar so, dass, wenn die Wände des einen vertical stehen, die des anderen horizontal liegen. Diese zusammengefügten Tröge drehen sich als Axe um die Linie, in welcher sie verbunden sind, und der eine von ihnen enthält die Platten. Steht dieser letztere senkrecht, so sind die Platten mit Säure umgeben; dreht man ihn um 90°, so fliesst die Säure in den zweiten Trog, und die Platten werden sämmtlich zu gleicher Zeit entblösst; beim Zurückdrehen um 90° werden sie eben so gleichzeitig wieder in die Säure versetzt. *P.*

1125. Dieser Trog von vierzig Paaren dreiquadratzölliger Platten wurde, in Bezug auf das Glühen eines Platindrahts, die Entladung zwischen Kohlenspitzen, den Schlag durch den menschlichen Körper u. s. w., verglichen mit vierzig Paaren vierzölliger Platten (mit doppelten Kupferplatten), die in einzelnen isolirten Porcellanzellen standen und mit einer eben so starken Säure geladen waren. In allen diesen Wirkungen schien der erste Apparat dem letzteren vollkommen gleich zu sein. Als ein zweiter Trog von der neuen Einrichtung, welcher zwanzig Paare vierzölliger Platten enthielt, verglichen wurde mit zwanzig Paaren vierzölliger Platten, die in Porcellantrögen durch eine Säure von gleicher Stärke erregt waren, schien der neue Trog den alten in Hervorbringung dieser Wirkungen, besonders im Glühen des Drahts, zu übertreffen.

1126. Bei diesen Versuchen nahm der neue Trog weit schneller an Kraft ab als der von der alten Construction, und dies war eine nothwendige Folge von der geringeren Menge der zu seiner Ladung angewandten Säure; denn bei den vierzig Plattenpaaren von der neuen Construction wurde nur ein Siebentel von der Menge Säure angewandt, die zu den vierzig Paaren in den Porcellantrögen erforderlich war. Um daher die beiden Formen des voltaschen Troges in ihren Zersetzungskräften zu vergleichen und genauere Data über ihren relativen Werth zu erhalten, wurden folgende Versuche angestellt. Die Tröge wurden mit einer bekannten Menge Säure von bekannter Stärke geladen, und der elektrische Strom durch ein Volta-Elektrometer (711) geleitet, das Elektroden von 4 Zoll Länge und 2,3 Zoll Breite besass, so dass es dem Strom einen möglichst geringen Widerstand entgegensetzte; die entwickelten Gase wurden aufgefangen und gemessen, und gaben so die Menge des zersetzten Wassers. Dann wurde das Ganze der angewandten Ladung zusammengemischt, und ein bekannter Theil davon analysirt, nämlich mit einem Ueberschuss von kohlensaurem Natron siedend gefällt, und der Niederschlag wohl gewaschen, getrocknet, geglüht und gewägt. Auf diese Weise wurde die Menge des oxydirten und von der Säure gelösten Metalls ausgemittelt, und der von jeder Zinkplatte oder von allen aufgelöste Theil konnte berechnet und mit der im Volta-Elektrometer zersetzten Menge Wasser verglichen werden. Um einen festen Vergleichspunkt zu haben, habe ich die Resultate so reducirt, dass sie den Verlust der Platten in Zink-Aequivalenten gegen die im Volta-Elektrometer zersetzten

Wasser-Aequivalente ausdrücken. Als Aequivalentzahl des Wassers habe ich 9 und als die des Zinks 32,5 genommen, auch habe ich vorausgesetzt, dass 100 Kubikzoll einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff aus der Zersetzung von 12,68 Gran Wasser entspringen.

1127. Drei Säuren wurden bei diesen Versuchen angewandt: Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure. Die Schwefelsäure war starkes Vitriolöl; ein Kubikzoll desselben entsprach 486 Gran Marmor. Die Salpetersäure war sehr nahe rein; ein Kubikzoll löste 150 Gran Marmor. Die Salzsäure war auch fast rein, und ein Kubikzoll löste 108 Gran Marmor. Alle diese drei Säuren wurden, dem Volume nach, mit Wasser vermischt; das Normalvolum war ein Kubikzoll.

1128. Ich bereitete eine Mischung aus 200 Theilen Wasser, 4,5 Th. Schwefelsäure und 4 Th. Salpetersäure, und lud mit dieser meine beiden Batterien, bestehend die eine aus 40 Paaren dreizölliger Platten und die andere aus vier hinter einander aufgestellten Porcellantrögen, von denen jeder zehn Paare vierquadratzölliger Platten (die Kupferplatten doppelt so gross) enthielt. Diese Batterien wurden nur abwechselnd angewandt, und jede derselben 20 bis 30 Minuten lang in Wirksamkeit erhalten, bis die Ladung beinahe erschöpft war; dabei wurde während der ganzen Zeit die Verbindung mit dem Volta-Elektrometer sorgfältig unterhalten und die Säure in den Trögen zuweilen durch einander gemischt. Auf diese Weise wirkte der erstere Trog so gut, dass für jedes in dem Volta-Elektrometer zersetzte Aequivalent Wasser nur 2 bis 2,5 Aequivalent Zink von jeder Platte aufgelöst wurden. Bei vier Versuchen betrug das Mittel für jede Platte 2,21 und für die gesammte Batterie 88,4 Aequivalente. Bei den Versuchen mit den Porcellantrögen betrug der Verbrauch an jeder Platte 3,54 und in der gesammten Batterie 141,6 Aequivalente. In einer vollkommenen voltaschen Batterie von vierzig Plattenpaaren (991, 1001) würde der Verbrauch an jeder Platte nur ein Aequivalent, also in der ganzen Batterie vierzig Aequivalente betragen haben.

1129. Aehnliche Versuche wurden mit zwei voltaschen Batterien angestellt, von denen die eine 20 Paare vierzölliger Platten in der (1124) beschriebenen Anordnung und die andere 20 Paare vierzölliger Platten in Porcellantrögen enthielt. Bei der ersteren betrug im Mittel aus fünf Versuchen der Verbrauch 3,7 Aequivalente für jede Platte oder 74 für die ganze Batterie; bei der zweiten aber, im Mittel aus drei

Versuchen, 5,5 Aequivalente für jede Platte und 110 für die ganze Batterie. Zwei Versuche, die sehr stark gegen die Porcellantröge sprachen, wurden hiebei unberücksichtigt gelassen, da vermuthlich ein unbekannter störender Einfluss zufällig wirkte. Bei allen Versuchen wurde sorgfältig darauf gesehen, neue und alte Platten nicht mit einander zu vergleichen, indem daraus sehr grosse Fehler entsprungen sein würden (1146).

1130. Als zehn Plattenpaare von der neuen Einrichtung angewandt wurden, betrug der Zinkverbrauch an jeder Platte 6,76 Aequivalente oder an sämmtlichen 67,6; bei zehn Plattenpaaren von gewöhnlicher Construction, in einem Porcellantrog, wurden im Mittel an jeder Platte 15,5 oder an sämmtlichen 155 Aequivalente oxydirt.

1131. Hienach kann kein Zweifel darüber bleiben, dass diese Form der voltaschen Batterie eben so gut und besser sei als die beste der bisher angewandten, namentlich als die mit Doppelplatten von Kupfer und isolirten Zellen. Man ist daher der Isolation der Kupferplatten überhoben, und kann hauptsächlich dadurch anderweitige für die Praxis vortheilhafte Abänderungen mit der Construction des Troges vornehmen.

1132. Die Vortheile dieser Form des Troges sind zahlreich und gross. I. Ist sie ungemein gedrungen, denn 100 Plattenpaare erfordern nur einen Trog von drei Fuss Länge. II. Nach Hrn. Dr. *Hare*'s Plan, den Trog sich auf Kupferzapfen drehen zu lassen, die auf kupfernen Stützen ruhen, gewähren die letzteren feste Enden, und diese habe ich sehr zweckmässig gefunden mit zwei Quecksilbernäpfchen zu verbinden, die vor dem Instrument befestigt sind. Diese festen Enden gewähren den grossen Vorzug, dass man den in Verbindung mit der Batterie zu gebrauchenden Apparat aufstellen kann, bevor die letztere in Wirksamkeit gesetzt ist. III. Der Trog ist mit Leichtigkeit in einem Augenblick zum Gebrauche fertig, indem ein einziger Krug (*jug*) verdünnter Säure zur Ladung von 100 Paaren vierzölliger Platten hinreicht. IV. Lässt man den Trog eine Viertel-Umdrehung machen, so tritt er in Wirksamkeit, und man hat den grossen Vortheil, dass man bei dem Versuch die Wirkung des ersten Contacts zwischen Zink und Säure bekommt, welche doppelt und zuweilen dreimal so gross ist als die, welche die Batterie eine oder ein Paar Minuten hernach hervorzubringen im Stande ist (1036, 1150). Wenn der Versuch beendet ist, kann die Säure auf

einmal von den Platten abgegossen werden, so dass die Batterie im ungeschlossenen Zustande niemals einem Verlust ausgesetzt ist; die Säure und Zink werden nicht unnützerweise verbraucht, und überdies wird die erstere dabei durch einander gemischt und gleichförmig gemacht, was die Resultate sehr verstärkt (1039), und bewirkt, dass man, wenn man zu einem zweiten Versuche schreitet, wiederum die wichtige Wirkung des ersten Contacts bekommt. VI. Die Schonung des Zinks ist sehr gross. Nicht bloss dass das Zink, während der Schliessung der Kette, eine grössere voltasche Wirkung ausübt (1128, 1129), wird auch alle die Zerstörung verhindert, die bei den gewöhnlichen Formen der Batterie zwischen den Versuchen stattfindet. Diese Schonung ist so beträchtlich, dass das Zink, meiner Schätzung nach, in der neuen Form der Batterie dreimal so wirksam ist als in den gewöhnlichen. VII. Diese Schonung des Zinks ist nicht bloss wichtig wegen der Kosten-Ersparung, sondern weil dadurch die Batterie viel leichter und handhablicher wird, und auch weil die Zink- und Kupferflächen bei der Construction der Batterie viel näher an einander gebracht werden können, und so bleiben, bis ersteres abgenutzt ist. Der letzte Vortheil ist sehr wichtig (1148). VIII. Da ferner, in Folge der Schonung, dünne Platten so viel leisten als dicke, so kann gewalztes Zink angewandt werden. Ich habe das gewalzte Zink immer wirksamer als das gegossene gefunden, was ich seiner grösseren Reinheit zuschreibe (1144). IX. Ein anderer Vortheil entspringt aus der Ersparung an Säure, die immer der Verringerung des aufgelösten Zinks proportional geht. X. Die Säure wird viel leichter erschöpft, und ihre Menge ist so klein, dass man niemals Veranlassung hat, eine alte Ladung abermals zu gebrauchen. Solche alte Säure löst oft, während die Kette geschlossen ist, aus den mit ihr gemengten und vom Zink herstammenden schwarzen Flöckchen (verschiedenen Metallen. *P.*) Kupfer auf; allein jeder Kupfergehalt der Ladung schadet bedeutend, weil er, durch die örtliche Wirkung der Säure und des Zinks, sich auf das letztere niederzuschlagen und dessen voltasche Thätigkeit zu verringern sucht (1145). XI. Bei Anwendung einer richtigen Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure zur Ladung (1139) wird kein Gas aus den Trögen entwickelt, so dass man eine Batterie von mehren hundert Plattenpaaren ohne Unbequemlichkeit neben sich haben kann. XII. Wenn die Säure im Laufe der Versuche

erschöpft wird, kann man sie mit der äussersten Leichtigkeit fortnehmen und durch frische ersetzen, und nach Beendigung der Versuche lassen sich eben so die Platten auch sehr leicht abwaschen.

1133. Es sind jedoch mit dieser Einrichtung auch einige Unbequemlichkeiten verknüpft, die ich noch nicht Zeit hatte zu beseitigen, die sich aber, wie ich glaube, doch endlich werden entfernen lassen. Eine derselben besteht in der ausserordentlichen Schwierigkeit, einen hölzernen Trog für den Wechsel von Feucht und Trocken, dem das voltasche Instrument ausgesetzt ist, beständig wasserdicht zu machen. Um dieses Uebel zu heben, ist Hr. *Neuman* jetzt beschäftigt, sich Porcellantröge zu verschaffen. Der zweite Nachtheil besteht in einer Fällung des Kupfers auf die Zinkplatten; er scheint mir hauptsächlich daraus zu entspringen, dass die Papiere zwischen den Kupferplatten Säure zurückhalten, wenn der Trog geleert wird, und dass diese Säure durch langsame Einwirkung auf das Kupfer ein Salz bildet, welches sich allmälig mit der nächsten Ladung vermischt, und dann durch locale Action auf den Zinkplatten reducirt wird (1120); dadurch wird nun die Kraft der gesammten Batterie geschwächt. Ich glaube, dass, wenn man die Kupferplatten an ihren Rändern durch Glasstreifen trennt, ihre Berührung hinreichend verhütet werde, und zwischen ihnen so viel Raum bleibe, dass man die Säure ausgiessen, abwaschen und so, nach Beendigung des Versuchs, aus jedem Theil des Trogs entfernen kann.

1134. Die Vorzüglichkeit der nach diesem Plan von mir construirten Tröge glaube ich hängt zunächst und hauptsächlich von der grösseren Nähe der Zink- und Kupferflächen ab (in meinen Trögen beträgt ihr Abstand nur ein Zehntel Zoll) (1148), und dann von den Vorzügen des gewalzten Zinks vor dem gegossenen, die man bei der Construction der gewöhnlichen Säule anwendet. (In Deutschland möchte man in den letzten Decennien wohl selten nur noch gegossenes Zink angewandt haben. *P.*) Die Isolation zwischen den benachbarten Kupferplatten kann keinen Nachtheil bringen; allein ich finde auch nicht, dass sie irgend einen Vortheil habe; denn als ich sowohl bei den vierzig Paaren dreizölliger Platten als bei den zwanzig Paaren vierzölliger Platten Wachspapiere von solcher Grösse anwandte, dass sie, an den Rändern umgeschlagen, über einander griffen und Zellen bildeten, so isolirend wie die

von Porcellan, war doch keine Steigerung der chemischen Action zu beobachten*).

1135. Da, der Theorie nach, von den Rändern der Zink- und Kupferplatten aus, an den Seiten des Trogs, eine theilweise Entladung der Elektricität stattfinden muss, so würde ich es vorziehen, Tröge zu construiren mit einer oder mehren Platten von Kronglas an den Seiten; der Boden braucht nicht von Glas zu sein, doch würde dies hier und an den Enden keinen Nachtheil haben. Die Platten brauchen nicht darin befestigt zu sein, sondern bloss hineingesetzt zu werden, auch brauchen sie nicht aus einzelnen grossen Stücken zu bestehen.

XVII. Einige praktische Resultate in Bezug auf die Construction und den Gebrauch der voltaschen Batterie.

1136. Der Elektro-Chemiker kennt die praktischen Resultate, welche die HH. *Gay-Lussac* und *Thénard* mit der voltaschen Batterie erhalten, und auf den ersten fünf und vierzig Seiten ihrer »*Recherches physico-chimiques*« bekannt gemacht haben. Wiewohl die folgenden Resultate von gleicher Natur sind, so werden sie doch hinreichend gerechtfertigt sein durch die in den letzten Jahren gemachten Fortschritte in diesem Zweige der Wissenschaft, durch die Kenntniss von der festen Wirkung der Elektricität und durch die genauere und wissenschaftlichere Methode, die Resultate nach den Aequivalenten des verbrauchten Zinks zu bestimmen.

1137. Natur und Stärke der Säure. — Meine Batterie aus 40 Paaren dreizölliger Platten wurde mit einer Säure geladen, bestehend aus 200 Th. Wasser und 9 Th. Vitriolöl. Im Mittel aus mehren Versuchen verlor jede Platte für 1 Aequivalent Wasser, das im Volta-Elektrometer zersetzt wurde. Als sie mit einem Gemische von 200 Wasser und 16 Salzsäure geladen wurde, verlor jede Platte 3,8 oder die ganze Batterie 152 Aequivalente Zink für 1 Aequivalent zersetzten Wassers. Bei Ladung mit einem Gemisch von 200 Wasser und 8 Salpetersäure vorlor jede Platte 1,85 oder die ganze Batterie 74,16 Aequivalente Zink für 1 Aequivalent zersetzten Wassers. Die Schwefelsäure und die Salzsäure entwickelten an den

*) Ein einfaches mit Wachs getränktes Papier vermochte die Elektricität eines Troges von vierzig Plattenpaaren zu isoliren.

Platten im Trog viel Wasserstoff; die Salpetersäure gab aber gar kein Gas. Die relativen Concentrationen der angewandten Säuren sind bereits (1127) gegeben; allein ein Unterschied in dieser Hinsicht bringt keine erhebliche Verschiedenheit in den, so durch Aequivalente ausgedrückten Resultaten hervor (1140).

1138. So zeigt sich demnach die Salpetersäure am geeignetsten zu diesem Zweck. Ihre Vorzüglichkeit scheint davon abzuhängen, dass sie, nach den bereits (905, 973, 1022) aus einander gesetzten Grundsätzen, die Elektrolysirung der Flüssigkeit in den Zellen des Trogs, und daher auch den Durchgang der Elektricität und die Bildung der Uebertragungskraft (*transferable power*) (1120) begünstigt.

1139. Es liess sich darnach erwarten, dass die Schwefelsäure und Salzsäure durch einen Zusatz von Salpetersäure wirksamer würden. Zu dem Ende wurde der Trog geladen mit einem Gemisch von 200 Wasser, 9 Vitriolöl und 4 Salpetersäure; der Zinkverbrauch betrug für jede Platte 2,786 und für die ganze Batterie 111,5 Aequivalente. Bei Ladung mit 200 Wasser, 9 Vitriolöl und 8 Salpetersäure betrug der Verbrauch 2,26 oder für die ganze Batterie 90,4 Aequivalente; bei Ladung mit 200 Wasser, 16 Salzsäure und 6 Salpetersäure nur 2,11 für jede Platte und 84,4 für die ganze Batterie. Aehnliche Resultate wurden mit meiner Batterie von 20 Paaren vierzölliger Platten erhalten (1129). Hieraus ist klar, dass der Zusatz der Salpetersäure zur Schwefelsäure von grossem Nutzen ist; daher wurde denn von nun an für die gewöhnlichen Versuche meistens eine Ladung von 200 Wasser, 4,5 Vitriolöl und 4 Salpetersäure angewandt.

1140. Man darf nicht glauben, dass die verschiedene Concentration der Säuren die obigen Unterschiede veranlasste; denn ich habe gefunden, dass die elektrolytischen Effecte innerhalb gewisser Grenzen sich nahe wie die Concentrationen der Säuren verhalten, so dass die Kraft, wenn sie in Aequivalenten ausgedrückt wird, nahe constant bleibt. Wenn z. B. der Trog mit einem Gemisch von 200 Wasser und 8 Salpetersäure geladen ward, verlor jede Platte 1,854 Aequivalente Zink; bei Ladung mit 200 Wasser und 16 Salpetersäure betrug der Verlust auf die Platte 1,82 Aequivalente, und bei Ladung mit 200 Wasser und 32 Salpetersäure betrug er 2,1 Aequivalente. Die Unterschiede sind also nicht grösser als sie aus unvermeidlichen Unregelmässigkeiten, die mit der Stärke der Säure nichts zu schaffen haben, entspringen.

1141. Als ferner eine Ladung, bestehend aus 200 Wasser, 4,5 Vitriolöl und 4 Salpetersäure, gebraucht ward, verlor jede Zinkplatte 2,16 Aequivalente; bei Ladung mit 200 Wasser, 9 Vitriolöl und 8 Salpetersäure betrug der Verlust für jede Platte 2,26 Aequivalente.

1142. Ich brauche wohl nicht zu sagen, dass bei der regelmässigen Wirkung des voltaschen Trogs kein Kupfer aufgelöst wird. Dagegen habe ich gefunden, dass bei Anwendung von Salpetersäure, reiner oder mit Schwefelsäure gemischter, viel Ammoniak in den Zellen gebildet wird. Es bildet sich in den Zellen zum Theil als ein secundäres Resultat an den Kathoden (663) der verschiedenen Portionen des Fluidums, welches den nothwendigen Elektrolyten ausmacht.

1143. Gleichförmigkeit der Ladung. — Sie ist ein höchst wichtiger Umstand, wie bereits (1042 u. s. w.) experimentell gezeigt worden ist, und daraus entspringt der grosse Vortheil bei der mechanischen Vorrichtung von Dr. *Hare*'s Apparat.

1144. Reinheit des Zinks. — Reines Zink würde zur Construction des voltaschen Apparats sehr vortheilhaft sein (998). Die meisten Zinksorten bekleiden sich in verdünnter Schwefelsäure mehr oder weniger mit einer Kruste von unlöslichen Substanzen,[5]) bestehend aus Kupfer, Blei, Zink, Eisen, Kadmium u. s. w. im metallischen Zustande. Dergleichen Substanzen nehmen einen Theil der Uebertragungskraft fort, machen dieselbe local und schwächen die Batterie. Als eine Anzeige von der mehr oder weniger vollkommenen Wirkung der Batterie will ich hier erwähnen, dass sich an den Zinkplatten kein Gas entwickeln darf. Je mehr Gas an diesen Flächen entsteht, desto grösser ist die locale Action und desto geringer die Uebertragungskraft. Jene Kruste ist auch darum schädlich, als sie Verschiebung und Erneuung der Ladung an der Zinkfläche hindert. Dasjenige Zink, welches sich in verdünnter Säure am saubersten löst, löst sich auch am langsamsten*), und ist das beste. Kupferhaltiges Zink besonders muss vermieden werden. Im Allgemeinen habe ich gewalztes Lütticher oder Mosselman's Zink am reinsten gefunden, und diesem Umstande schreibe ich zum Theil die Vorzüge der neuen Batterie zu (1134).

1145. Sauberkeit der Zinkplatten. — Nach dem

*) S. *De la Rive*, Ann. Bd. XIX S. 221. *P.*

Gebrauch müssen die Platten der Batterie von dem metallischen Pulver auf ihren Oberflächen gereinigt werden, besonders wenn man sie anwendet, um die Gesetze der Wirkung der Batterie zu studiren. Bei den (1125 etc.) beschriebenen Versuchen mit den Batterien mit Porcellantrögen wurde diese Vorsicht immer beachtet. Wenn ein Paar schmutzige Platten mit vielen sauberen gemischt sind, machen sie die Wirkung in den verschiedenen Zellen unregelmässig; die Uebertragungskraft wird dadurch geschwächt, und dadurch die örtliche oder verloren gehende Kraft vermehrt. Eine alte, Kupfer enthaltende Ladung darf nicht zur Erregung der Batterie angewandt werden.

1146. Neue und alte Platten. — Ich habe die voltaschen Batterien weit wirksamer gefunden, wenn die Platten neu waren, als wenn ich sie zwei oder drei Mal gebraucht hatte. Eine neue und eine alte Batterie kann man nicht mit einander vergleichen, selbst nicht eine Batterie mit sich selbst in der ersten und späteren Zeit ihres Gebrauchs. Mein Trog von 20 Paaren vierzölliger Platten, geladen mit einem Gemisch von 200 Wasser, 4,5 Vitriolöl und 4 Salpetersäure, verlor, nach der ersten Zeit ihres Gebrauchs, 2,32 Aequivalente auf die Platte; als sie zum vierten Male mit derselben Ladung gebraucht ward, betrug der Verlust für jede Platte 3,26 bis 4,47 Aequivalente. Das Mittel aus beiden Verlusten ist 3,7 Aeq. Die vierzigpaarige Batterie (1124) verlor in der ersten Zeit ihres Gebrauchs nur 1,65 Aequivalente auf die Platte, späterhin 2,16; 2,17 und 2,52. Als die 20 Paare vierzölliger Platten in Porcellantrögen zum ersten Male gebraucht wurden, betrug der Verlust auf die Platte nur 3,7 Aequivalente; allein späterhin 5,25; 5,36 und 5,9. Und doch war immer vor jedem Versuch das Zink vom anhängenden Kupfer gereinigt worden.

1147. Beim gewalzten Zink schien die Kraftabnahme bald constant zu werden, d. h. nicht weiter zu schreiten. Allein bei den gegossenen Zinkplatten, die zu den Porcellantrögen gehörten, schien sie bis zuletzt bei derselben Ladung immer fortzudauern; jede Platte verlor, für eine gegebene Grösse der Wirkung, mehr als zwei Mal so viel Zink als anfangs. Diese Tröge wurden jedoch so unregelmässig, dass ich die Umstände, welche den Betrag der elektrolytischen Wirkung afficirten, nicht immer bestimmen konnte.

1148. Nähe des Kupfers und Zinks. — Die Wichtigkeit dieses Punkts in der Construction der voltaschen Batterien und die Kraft der unmittelbaren Wirkung, welche man erhält,

wenn Zink und Kupfer nahe an einander stehen, sind wohl bekannt. Ich finde, dass die Kraft nicht nur grösser ist im Augenblick, sondern auch, dass die Summe der Uebertragungskraft in Bezug zur ganzen Summe der chemischen Action der Platten sehr vergrössert wird. Die Ursache dieses Gewinns ist sehr einleuchtend. Alles was die Circulation der Uebertragungskraft (d. h. der Elektricität) zu verlangsamen trachtet, vermindert auch den Betrag dieser Kraft und vermehrt den der localen (990, 1120). Nun besitzt die Flüssigkeit in den Zellen diese Verzögerungskraft, und deshalb wirkt sie schädlich, mehr oder weniger, als die Quantität derselben zwischen den Zink- und Kupferplatten, d. h. als der Abstand zwischen diesen, grösser ist. Ein Trog also, in welchem die Platten nur den halben Abstand wie in einem anderen haben, wird mehr Uebertragungskraft und weniger örtliche Kraft als der letztere ausüben, und daher wird, weil der Elektrolyt in den Zellen den Strom leichter durchlassen kann, sowohl die Intensität als die Quantität der Elektricität für einen gegebenen Verbrauch von Zink vergrössert. Von diesem Umstande hauptsächlich leite ich die Vorzüglichkeit des (1134) beschriebenen Troges ab.

1149. Der Vorzug der doppelten Kupferplatten vor den einfachen hängt auch zum Theil von dem Widerstand des Elektrolyten zwischen den Metallen ab. Denn bei doppelten Kupferplatten wird der Querschnitt der dazwischen befindlichen Säure wirklich doppelt so gross als bei einfachen Kupferplatten, und daher lässt die Säure die Elektricität leichter durch. Doppelte Kupferplatten sind jedoch hauptsächlich wirksam, weil sie in der That die wirkende Zinkfläche verdoppeln oder nahe verdoppeln; denn in einem Trog mit einfachen Kupferplatten und von der gewöhnlichen Construction der Zellen, ist diejenige Oberfläche des Zinks, welche nicht der Kupferfläche gegenübersteht, fast ganz aus der voltaschen Wirkung gerissen; allein dennoch fährt die Säure fort auf dieselbe zu wirken und Metall aufzulösen, wodurch sie wenig mehr als eine locale Wirkung thut (947, 996). Allein wenn man das Kupfer, bei verdoppelter Grösse, der zweiten Fläche der Zinkplatte gegenüberstellt, wird ein grosser Theil der Wirkung auf die letztere in Uebertragungskraft verwandelt, und so die Wirksamkeit des Trogs, was die Quantität der Elektricität betrifft, sehr verstärkt.

1150. Erste Eintauchung der Platten. — Die grosse Wirkung beim ersten Eintauchen der Platten (abgesehen davon,

ob sie neu oder gebraucht sind (1146)), habe ich früher (1003, 1037) dem unveränderten Zustand der mit den Zinkplatten in Berührung kommenden Säure zugeschrieben. So wie die Säure neutralisirt wird, nimmt ihre erregende Kraft stufenweise ab. *Hare*'s Trog ist sehr vortheilhaft in dieser Beziehung, da die Flüssigkeit durchgemischt, und jedesmal, wenn man sie nach Ruhe wieder gebraucht, eine gleichsam frische Oberfläche der Säure an die Metallplatten gebracht wird.

1151. Anzahl der Platten*). — Welche Zahl von Platten bei Anwendung einer Batterie zu chemischen Zersetzungen am vortheilhaftesten sei, hängt fast gänzlich von dem Widerstande ab, der an dem Wirkungsort zu überwinden ist; indess, wie auch dieser Widerstand beschaffen sein mag, so giebt es doch eine gewisse Zahl, welche öconomischer ist als eine andere, grössere oder kleinere. Zehn Paar vierzölliger Platten in einem Porcellantroge von gewöhnlicher Construction gaben, im Volta-Elektrometer, bei Wirkung auf verdünnte Schwefelsäure von 1,314 spec. Gewicht, durchschnittlich einen Zinkverbrauch von 15,4 Aequivalenten pro Platte oder 154 für die ganze Batterie. Zwanzig Paare derselben Platten, mit derselben Säure, gaben nur einen Zinkverbrauch von 5,5 pro Platte oder 110 für die ganze Batterie. Bei Anwendung von vierzig Paaren derselben Platten war der Verbrauch 3,54 Aequivalente für die Platte, und 141,6 für die ganze Batterie. Die Anordnung des Zinks zu zwanzig Platten war also in Betreff des Verbrauchs vortheilhafter als die zu zehn oder vierzig Platten. [6])

1152. Bei zehn Paaren meiner vierzölligen Platten (1129) verlor jede 6,76 und das Ganze 67,6 Aequivalente Zink, während bei zwanzig Paaren derselben Platten, erregt durch dieselbe Säure, jede 3,7 und das Ganze 74 Aequivalente verlor. In anderen vergleichenden Versuchen über die Plattenzahl betrug, bei zehn Paaren dreizölliger Platten (1125) der Verlust für jede Platte 3,725 und für das Ganze 37,25, während er bei zwanzig Paaren für jede Platte 2,53 oder im Ganzen 50,6, so wie bei 40 Paaren für die Platte 2,21 oder im Ganzen 88,4 betrug. In diesen beiden Fällen war mithin die Vermehrung der Platten-Anzahl nicht vortheilhaft gewesen für die Erzeugung von Uebertragungskraft aus der ganzen Quantität der an den Erregungsflächen wirksamen chemischen Kraft (1120).

---

*) *Gay-Lussac* und *Thénard*, *Recherches physico-chimiques*, T. 1 p. 29.

1153. Hätte ich aber in dem Volta-Elektrometer eine schwächere Säure oder einen schlechteren Leiter angewandt, so würde die grösste Wirkung erst bei einer grösseren Anzahl von Platten eingetreten sein, und umgekehrt, wenn ich einen besseren Leiter in dem Volta-Elektrometer angewandt hätte als wirklich geschah, würde ich die Plattenpaare selbst bis auf eins haben vermindern können, wie z. B. im Fall, wenn ein dicker Draht zur Schliessung der Kette gebraucht wird (865). Die Ursache dieser Variationen muss sehr einleuchten, wenn man bedenkt, dass jede dem voltaschen Apparat hinzugefügte Platte die Menge der von der ersten Platte in Bewegung gesetzten Uebertragungskraft oder Elektricität um nichts vergrössert, vorausgesetzt dass ein guter Leiter vorhanden sei, sondern dass sie bloss die Intensität dieser Quantität zu erhöhen sucht, so dass diese den Widerstand schlechter Leiter besser zu überwinden vermag.

1154. Grosse oder kleine Platten. — Die vortheilhafte Anwendung grosser oder kleiner Platten zu Elektrolysirungen hängt von der Leichtigkeit ab, mit welcher die Uebertragungskraft oder Elektricität übergehen kann. Wenn für einen besonderen Fall die wirksamste Zahl von Platten bekannt ist (1151), so würde der vortheilhafteste Zusatz von Zink in einer Vergrösserung der Platten und nicht in einer Vermehrung derselben bestehen. Zugleich würde eine starke Vergrösserung der Platten die vortheilhafteste Anzahl derselben ein wenig vergrössern.

1155. Grosse und kleine Platten dürfen nicht zusammen in einer Batterie angewandt werden; die kleinen schwächen die Kraft der grossen, wenn sie nicht durch eine verhältnissmässig stärkere Säure angeregt werden; denn mit einer gewissen Säure können sie in einer gegebenen Zeit nicht so viel Elektricität durchlassen, als die nämliche Säure durch Einwirkung auf die grösseren Platten zu entwickeln vermag.

1156. Gleichzeitige Zersetzungen. — Wenn die Anzahl der Platten in einer Batterie die vortheilhafteste (1151 bis 1153) stark überschreitet, können zwei oder mehre Zersetzungen gleichzeitig mit Vortheil unternommen werden. So erzeugten meine vierzig Plattenpaare (1124) in Einem Volta-Elektrometer 22,8 Kubikzoll Gas. Als sie genau auf dieselbe Weise wieder geladen wurden, gaben sie in jedem von zwei Volta-Elektrometern 21 Kubikzoll. Im ersten Versuch betrug der gesammte Verbrauch an Zink 88,4 Aequivalente, und in

dem zweiten nur 48,28 Aequivalente für das Ganze des in beiden Volta-Elektrometern zersetzten Wassers.

1157. Als aber die zwanzig Paare vierzölliger Platten (1129) in ähnlicher Weise versucht wurden, ergaben sich entgegengesetzte Resultate. Mit Einem Volta-Elektrometer wurden 52 Kubikzoll Gas erhalten, mit zwei nur 14,6 Kubikzoll in jedem. Die Quantität der Ladung war nicht gleich in beiden Fällen, wohl aber die Stärke derselben. Als indess die Resultate, um sie vergleichbar zu machen, auf Aequivalente reducirt wurden (1126), fand sich, dass der Verbrauch an Metall im ersten Fall 74, und im letzten 97 Aequivalente für das Gesammte des zersetzten Wassers betrug. Diese Resultate hängen natürlich von denselben Verzögerungsumständen u. s. w. ab, welche ich anführte, als ich von der geeigneten Plattenzahl sprach (1151).

1158. Dass die Uebertragungs- oder, wie man es gewöhnlich nennt, die Leitungskraft eines zu zersetzenden Elektrolyten oder anderen eingeschalteten Körpers möglichst gut sein müsse*), ist sehr einleuchtend (1020, 1120). Bei einem vollkommen guten Leiter und einer guten Batterie geht fast alle Elektricität über, d. h. fast alle chemische Kraft wird überführbar, selbst bei einem einzelnen Plattenpaar (867). Bei Dazwischensetzung eines Nichtleiters wird nichts von der chemischen Kraft übergeführt. Bei einem unvollkommenen Leiter wird von dieser Kraft mehr oder weniger übergeführt, je nachdem die Umstände, welche diese Ueberführung durch den unvollkommenen Leiter begünstigen, erhöht oder geschwächt werden. Diese Umstände sind: Steigerung des Leitungsvermögens, Vergrösserung der Elektroden, gegenseitige Annäherung der Elektroden und Verstärkung des durchgehenden Stroms.

1159. Gewöhnliches Brunnenwasser in einem der Volta-Elektrometer bei den zwanzig Paaren vierzölliger Platten (1156) angewandt, veranlasste eine solche Hemmung, dass nicht ein Funfzehntel von der überführbaren Kraft durchging, die ohne dasselbe circulirt haben würde. Vierzehn Funfzehntel von der Nutzkraft der Batterie waren also zerstört und in örtliche Kraft verwandelt (welche sich durch die Gasentwicklung an den Zinkplatten zu erkennen gab), und doch waren die Platin-

---

*) *Gay-Lussac* und *Thénard*, *Recherches physico-chimiques*, T. I p. 13, 15, 22.

Elektroden in dem Wasser drei Zoll lang, fast einen Zoll breit und nicht einen Viertelzoll aus einander.

1160. Diese Umstände, d. h. die Erhöhung der Leitungskraft, die Vergrösserung der Elektroden und die Annäherung derselben müssen besonders bei den Volta-Elektrometern beachtet werden. Die Grundsätze, auf denen ihr Nutzen beruht, sind so einleuchtend, dass sie hier nicht weiter entwickelt zu werden brauchen.

Royal Institution, 11. October 1834.

Elfte Reihe.[7]

(Philosoph. Transact. f. 1838. — Pogg. Ann. Band XLVI.)

XVIII. Ueber Vertheilung (*Induction*).

1. Die Vertheilung einer Wirkung angrenzender Theilchen.

1161. Die Elektricitätslehre ist gegenwärtig in demjenigen Zustand, in welchem jeder ihrer Theile eine Experimental-Untersuchung verlangt, nicht blos um neue Erscheinungen zu entdecken, sondern um, was weit wichtiger ist, die Mittel zur Hervorrufung der schon bekannten zu vervollkommnen, und demgemäss die ersten Wirkungsprincipien der ausserordentlichsten und allgemeinsten Naturkraft genauer zu bestimmen. Denjenigen Physikern, die der Untersuchung mit Eifer, aber auch mit Vorsicht obliegen, das Experiment mit der Analogie verknüpfen, ihren vorgefassten Meinungen misstrauen, mehr auf eine Thatsache als auf eine Theorie geben, nicht übereilt verallgemeinern, und, vor Allem, bei jedem Schritt ihre Ansichten durch Ueberlegung und durch Versuche wiederum zu prüfen bereit sind, solchen Physikern kann kein Zweig der Naturlehre ein schöneres und ergiebigeres Feld zur Entdeckung darbieten, als dieser. Dies sehen wir zum Ueberfluss an den Fortschritten, welche die Elektricitätslehre in den letzten dreissig Jahren gemacht hat. Chemie und Magnetologie haben nach einander ihren überwältigenden Einfluss anerkannt, und wahrscheinlich wird zuletzt eine jede aus den Kräften unorganischer Stoffe entspringende Erscheinung, ja vielleicht die Mehrzahl der mit dem Thier- und Pflanzenleben verknüpften, sich ihr untergeordnet erweisen.

1162. Unter den mancherlei Wirkungen, die man herkömmlich bei der Elektricität unterschieden hat, ist, glaube ich, keine, welche an Wichtigkeit über, oder auch nur neben die sogenannte Vertheilung (*Induction*) zu setzen wäre. Sie ist vom allgemeinsten Einfluss bei den elektrischen Erscheinungen, scheint mit jeder derselben verknüpft zu sein, und hat in Wirklichkeit den Charakter eines ersten, wesentlichen und fundamentalen Princips. Die Kenntniss derselben ist so wichtig, dass wir, glaube ich, ohne ein gründliches Verständniss ihres Wesens, nicht weiter in die Untersuchung der Elektricitäts-

gesetze vordringen können. Wie dürfen wir sonst auch hoffen, die Harmonie und selbst die Einheit des Vorganges zu verstehen, welcher unzweifelhaft in der Elektricitätserregung durch Reibung, chemischen Process, Hitze, magnetischen Einfluss, Verdampfung und selbst durch lebende Wesen vorhanden ist?

1163. Im langen Laufè meiner Experimental-Untersuchungen hat sich mir als allgemeines Resultat stets die Nothwendigkeit aufgedrängt, zwei Kräfte (Elektricitäten) oder zwei Formen (oder Richtungen) Einer Kraft anzunehmen (516, 517), die zu trennen weder bei dem Phänomen der statischen Elektricität noch bei dem der strömenden sei. Zugleich ist es mir immer unmöglich erschienen, dass irgend eine Substanz unter den bisher bekannten Umständen mit der einen oder der andern dieser Elektricitäten absolut geladen werden könne, und dies hat mich wünschen lassen, über die Beziehungsweise der elektrischen Kräfte zu den Körpertheilchen, besonders bei Vertheilungen, auf denen fast alle übrigen Wirkungen zu beruhen scheinen, eine klarere Ansicht, als mir bisher bekannt, zu erlangen.

1164. Als ich die allgemeine Thatsache entdeckte, dass Elektrolyte, die im flüssigen Zustande leicht zersetzt werden, demselben im starren Zustande vollkommen widerstehen (380, 394, 402), glaubte ich einen Weg zur Einsicht in die Vertheilung und zur möglichen Unterordnung vieler verschiedenartiger Erscheinungen unter Ein Gesetz aufgefunden zu haben. Gesetzt es sei Wasser der Elektrolyt. Belegt man eine Eisplatte auf beiden Seiten mit Platinblech, und verbindet diese Belege mit einer fortwährenden Quelle der beiden Elektricitäten, so wird das Eis gleich einer Leidner Flasche geladen. Es ist eine gewöhnliche Vertheilung, aber kein Strom geht über. Wird das Eis geschmolzen, so nimmt die Vertheilung bis zu einem gewissen Grade ab, weil nun ein Strom übergehen kann; allein sein Uebergang ist abhängig von einer besonderen, mit der Fortführung der Bestandtheile des Elektrolyten in zwei entgegengesetzten Richtungen übereinstimmenden, Anordnung der Theilchen, und der Grad der Entladung ist der Menge der ausgeschiedenen Bestandtheile genau proportional (377, 783). Ob die Ladung der metallenen Belegung durch eine kräftige Elektrisirmaschine, eine starke und grosse Volta'sche Batterie oder ein einziges Plattenpaar bewirkt worden, macht keinen Unterschied im Wesen des Vorganges, sondern nur im Grade desselben (360). In jedem Fall erfolgt eine

gewöhnliche Vertheilung, wenn der Elektrolyt starr ist, und, sobald nicht andere Wirkungen störend eintreten, eine chemische Zersetzung, wenn er flüssig ist. Gewiss ist es von grosser Wichtigkeit Vorgänge in ihren Extremen zu vergleichen, um uns zu befähigen, das Wesen einer Wirkung im Zustande der Schwäche zu begreifen, die uns vielleicht nur bei grösserer Stärke hinlänglich klar ist. Da also in dem Elektrolyten Vertheilung der erste Schritt, und Zersetzung der zweite zu sein scheint (wobei die Trennung dieser Schritte durch Hervorrufung des starren oder flüssigen Zustandes in unserer Hand liegt); da die Vertheilung von gleicher Art ist mit der durch Luft, Glas, Wachs oder eine andere Substanz durch eins der gewöhnlichen Mittel bewirkten; und da der ganze Effect in dem Elektrolyten eine Wirkung der in einen eigenthümlichen oder polarisirten Zustand versetzten Theilchen zu sein scheint, so bin ich zu der Vermuthung geführt worden, dass die gewöhnliche Vertheilung selbst allemal eine Wirkung angrenzender (*contiguous*) Theilchen sei, und dass eine elektrische Wirkung in die Ferne (d. h. die gewöhnliche vertheilende Wirkung) niemals anders als durch vermittelnden Einfluss einer dazwischen liegenden Substanz zu Stande komme.

1165. Meine Achtung vor Aepinus, Cavendish, Poisson und anderen ausgezeichneten Männern, deren Theorien sämmtlich, wie ich glaube, die Vertheilung als eine Wirkung in die Ferne und in geraden Linien betrachten, hat mich lange von der eben aufgestellten Ansicht abgehalten; und obwohl ich lange nach einer Gelegenheit zum Erweise dieser Ansicht suchte, hin und wieder auch direct auf diesen Punkt abzielende Versuche anstellte, z. B. starre und flüssige Leiter, während sie unter Vertheilung standen, im polarisirten Lichte untersuchte (951, 955), so hat mich doch erst seit kurzem die grosse Allgemeinheit des Gegenstandes vermocht, meine Versuche weiter auszudehnen und meine Ansichten zu veröffentlichen. Gegenwärtig glaube ich, dass die gewöhnliche Vertheilung, statt eine Wirkung der Theilchen oder Massen in die Ferne zu sein, allemal eine Wirkung angrenzender Theilchen ist und aus einer Art von Polarität besteht. Wenn diese Ansicht die richtige ist, so muss die Feststellung derselben auf den weiteren Fortgang unserer Erforschung des Wesens der elektrischen Kräfte vom grössten Einfluss sein. Die Verknüpfung der elektrischen Vertheilung mit chemischer Zersetzung, so wie der Erregung des Voltaismus mit chemischer

Action, die Fortführung der Elemente in einem Elektrolyten, die erste Ursache aller Elektricitätserregung, das Wesen und die Verwandtschaft von Leitung und Isolation, von directer und lateraler oder transversaler Wirkung, welche Elektricität und Magnetismus constituirt, so wie viele andere für jetzt mehr oder weniger unbegreifliche Dinge würden alle von ihr afficirt werden, und vielleicht durch ihre Unterordnung unter ein allgemeines Gesetz ihre volle Erklärung finden.

1166. Ich suchte nach einer unzweideutigen Probe meiner Ansicht, nicht blos in der Uebereinstimmung bekannter Thatsachen mit ihr, sondern in den aus ihr, wäre sie richtig, hervorgehenden Folgerungen, besonders in denen, die mit der Theorie einer Wirkung in die Ferne nicht vereinbar seien. Eine solche Folgerung schien mir die Richtung der Vertheilung darzubieten. Wäre sie nur in geraden Linien zu bewerkstelligen, so würde dies, obwohl vielleicht nicht entscheidend, gegen meine Ansicht sprechen; geschähe sie aber auch in krummen Linien, so wäre dies eine natürliche Folge der Wirkung angrenzender Theilchen, und, wie ich glaube, ganz unverträglich mit der, von den bestehenden Theorien angenommenen Wirkung in die Ferne, welche nach allen uns bekannten Thatsachen und Analogien immer in geraden Linien ausgeübt wird.

1167. Wenn ferner die Vertheilung und auch der erste Schritt bei der Elektrolysirung (1164, 949) eine Wirkung angrenzender Theilchen ist, so scheint die Erwartung begründet, dass zwischen ihr und den verschiedenartigen Substanzen, in denen sie ausgeübt wird, eine besondere Beziehung und Etwas einer für verschiedene Körper specifischen elektrischen Vertheilung Aehnliches vorhanden sei, und wenn das der Fall wäre, würde die Abhängigkeit der Vertheilung von den Körpertheilchen unzweideutig erwiesen sein. Obwohl dies in Poisson's und Anderer Theorien niemals angenommen worden ist, so wurde ich doch bald zu Zweifeln an der hergebrachten Meinung veranlasst, und daher verwandte ich grosse Mühe, diesen Gegenstand einer gründlichen Experimental-Untersuchung zu unterwerfen.

1168. Eine andere, mir immer vorschwebende Frage war die: Ob die Elektricität wirklich und für sich als eine oder zwei Flüssigkeiten existire, oder ob sie nur eine Kraft sei, wie wir dies von der Gravitation annehmen. Wäre dies, wie auch immer, entschieden, so würde es ein ungeheurer Fort-

schritt unserer Kenntniss sein; ich habe mich daher immer nach Versuchen umgesehen, welche diese grosse Frage irgendwie aufzuklären vermöchten. Das gänzliche Fehlschlagen aller meiner Bemühungen, durch unabhängige Ladung einer Substanz entweder mit positiver oder negativer Kraft (*power*, Elektricität) die Existenz der Elektricität, getrennt von der Materie, darzuthun, was für eine Substanz ich auch dazu wählte, oder was für Mittel zur Erregung oder Entwicklung der Elektricität ich anwandte; — das war es, was mich zuerst bewog, die Vertheilung zu betrachten als eine Wirkung der Körpertheilchen, von denen jedes beide Kräfte (Elektricitäten) zu genau gleichem Betrage entwickelt enthalten. Wegen dieses und anderer Umstände habe ich die Bemerkungen über absolute Ladung vorangestellt, um zu beweisen, was ich noch zu Gunsten meiner Ansicht hinzufügen will, dass die elektrische Vertheilung eine Wirkung angrenzender (*contiguous*, benachbarter, sich berührender) Theilchen des isolirenden oder dielektrischen Mediums sei.

2. Ueber die absolute Ladung der Materie.

1169. Kann eine Substanz, eine leitende oder nicht leitende, auch nur im schwächsten Grade mit einer der elektrischen Kräfte, ganz ohne die andere, entweder im freien (*sensible*) oder im gebundenen (*latente*) Zustande, geladen werden?

1170. *Coulomb*'s schöne Versuche über die Gleichheit in der Wirkung der Leiter jeglicher Art und das Verbleiben aller Elektricität blos auf deren Oberfläche*) sind, richtig betrachtet, schon hinreichend, zu beweisen, dass Leiter nicht im Innern (*bodily*) geladen werden können. Auch hat man bis jetzt keine Mittel entdeckt, einem Leiter Elektricität so mitzutheilen, dass die Theilchen desselben nur mit der einen Elektricität und nicht gleichzeitig auch mit der andern zu genau gleichem Betrage verknüpft (*relate*) wären.

1171. In Bezug auf die Isolatoren (*electrics*) oder Nichtleiter scheint die Folgerung anfangs nicht so klar. Sie lassen sich leicht durch und durch (*bodily*) elektrisiren, entweder durch Mittheilung (1247) oder durch Erregung; allein wenn man einen solchen Fall näher untersucht, ergiebt er sich als einen Fall von Vertheilung und nicht von absoluter Ladung.

---

*) *Mémoires de l'acad.* 1876, pp. 67, 69; 72; 1787, p. 452.

So können bei einem von Leitern eingeschlossenen Glase einzelne Theile, die nicht den Leiter berühren, in den erregten Zustand (*excited state*) versetzt werden; allein immer zeigt sich, dass ein Theil der Innenfläche des Leiters im entgegengesetzten und äquivalenten Zustand befindlich ist, auch ein anderer Theil des Glases selbst sich im entgegengesetzten Zustand befindet, so dass es also eine inductive und keine absolute Leitung erhalten hat.

1172. Wohl gereinigtes Terpentinöl, welches, wie ich gefunden, ein für die meisten Zwecke vortrefflicher flüssiger Isolator ist, wurde in ein Metallgefäss gebracht, und, nach der Isolirung, geladen, zuweilen durch Contact des Metalls mit der Elektricirmaschine, zuweilen durch Eintauchung eines Drahts in das Oel. Wie aber auch die Mittheilung geschah, niemals ward Elektricität der Einen Art von dieser Vorrichtung zurückgehalten, ausgenommen an der Aussenfläche des Metalls, wo sie nur vermöge einer vertheilenden Wirkung durch die umgebende Luft vorhanden war. Wurde das Terpentinöl in Glasgefässe eingeschlossen, so schien es anfangs, als nehme es eine absolute Ladung von Elektricität an; allein bald erwies sich dieselbe als eine gemeinsame Vertheilung durch die Flüssigkeit, das Glas und die umgebende Luft.

1173. Mit Luft habe ich diese Versuche in grossem Maassstabe angestellt. Aus leichten Holzrähmen liess ich einen Würfel von 12 Fuss in Seite zusammensetzen, denselben der Länge und der Quere nach mit Kupferdrähten überziehen, so dass die Seiten ein grosses Netzwerk darstellten, darauf dicht auf den Drähten mit Papier bekleben, und nun noch in jeder Richtung mit Streifen von Zinnfolie belegen, so dass das Ganze in guter metallischer Communication stand und überall ein freier Leiter war. Diese Kammer stellte ich im Hörsaale der Royal Institution isolirt auf, und steckte durch eine ihrer Seiten eine Glasröhre von etwa sechs Fuss Länge hinein, so dass sich vier Fuss von ihr inwendig, und zwei Fuss auswendig befanden. Durch diese Röhre führte ein Draht von der grossen Elektrisirmaschine (290) zu der Luft in der Kammer. Mittelst Drehung der Maschine musste die Luft in das versetzt werden, was man einen höchst elektrischen Zustand nennt (da er in der That gleich ist mit dem der Luft eines Zimmers, worin eine kräftige Maschine in Thätigkeit gebracht worden), und zugleich ward die Aussenseite des isolirten Würfels überall stark geladen. Als ich indess die

Kammer mit dem in einer früheren Abhandlung (292) beschriebenen vollkommenen Entladungs-Apparat in Verbindung setzte, und die Luft in derselben durch die Maschine auf den höchsten Grad von Ladung zu bringen suchte, darauf die Verbindung mit der Maschine rasch aufhob und sogleich oder unmittelbar hernach den Würfel isolirte, hatte die Luft innerhalb desselben nicht das geringste Vermögen, ihm eine fernere Ladung mitzutheilen. Wenn ein Theil der Luft elektrisirt war, wie es mit Glas oder anderen Isolatoren der Fall sein kann (1171), so war es begleitet von einer entgegengesetzten Action in dem Würfel, indem der ganze Effect nur ein Fall von Vertheilung war. Jeder Versuch, die Luft in Masse (*bodily*) und unabhängig von der letzten Portion irgend einer der Elektricitäten zu laden, schlug fehl.

1174. Ich brachte ein empfindliches Goldblatt-Elektrometer in den Würfel und lud diesen von ausserhalb mehrere Male sehr stark; allein weder während noch nach der Ladung zeigte das Elektrometer, oder die innere Luft die geringste Spur von absoluter Ladung oder von einer Vertheilungs-Ladung, bei der eine Art der Elektricität irgend ein quantitatives Uebergewicht über die andere gehabt hätte. Ich begab mich in den Würfel und verweilte in demselben mit brennenden Kerzen, Elektrometern und allen sonstigen Prüfmitteln auf elektrische Zustände, konnte aber nicht die geringste Einwirkung auf dieselben, noch irgend eine besondere Anzeige an denselben wahrnehmen, obwohl während der ganzen Zeit die Aussenseite des Würfels stark geladen war, grosse Funken und Feuerbüschel aus jedem Theil derselben hervorschossen. Der Schluss, zu dem ich gelangte, war: dass bisher weder Nichtleitern noch Leitern eine absolute und unabhängige Ladung von blos Einer Elektricität mitgetheilt worden, und dass, allem Anscheine nach, solch ein Zustand der Materie unmöglich sei.

1175. Unter der Voraussetzung des Daseins einer oder zweier elektrischer Flüssigkeiten giebt es eine andere Ansicht des Gegenstandes. Es könnte unmöglich sein, die eine Flüssigkeit (*or state*) im freien Zustand (*in a free condition*) zu haben, ohne dass sie durch Vertheilung die andere erzeugte, und doch könnte es möglicherweise Fälle geben, wo eine isolirte Portion von Materie in dem einen Zustand (*in one condition*), obwohl ungeladen, durch eine Veränderung des Zustands (*state*) die eine oder die andere Elektricität entwickelte; und obgleich eine so entwickelte Elektricität vielleicht sogleich den entgegen-

gesetzten Zustand (*state*) in ihrer Nachbarschaft inducirte, so würde doch die blosse Entwicklung der einen Elektricität ohne die andere im ersten Augenblick eine sehr wichtige Thatsache sein für die Theorie, welche eine oder mehrere Flüssigkeiten voraussetzt. So weit ich diese Theorie verstehe, giebt sie nicht den geringsten Grund an, warum nicht solch ein Effect stattfinden könne.

1176. Allein bei Nachsuchung eines solchen Falls habe ich keinen finden können. Die Entwicklung durch Reibung giebt, wie bekannt, beide Kräfte in gleichem Verhältniss. Eben so verhält es sich mit der Entwicklung durch chemische Action, ungeachtet der grossen Verschiedenartigkeit der anzuwendenden Körper und der ungeheuren Quantität von Elektricität, die auf diese Weise entwickelt werden kann (376, 861, 888). Die mehr versprechenden Fälle von Veränderungen des Aggregatzustandes durch Verdampfung, Schmelzung oder die umgekehrten Processe geben dennoch beide Formen der Kraft (beide Elektricitäten) in gleichem Verhältniss. Von dem Spalten des Glimmers und anderer Mineralien, dem Zerbrechen des Schwefels etc., gilt dasselbe.

1177. So weit die Erfahrung reicht, scheint es also unmöglich, die eine der elektrischen Kräfte ohne die andere zu gleichem Betrage zu entwickeln oder zu vernichten. Eben so ist es experimentell unmöglich eine Substanz mit einer dieser Kräfte ohne die andere zu laden. Eine Ladung führt immer eine Vertheilung mit sich; denn niemals kann sie ohne diese bewerkstelligt werden. Es giebt keine absolute Ladung der Materie mit Einer Flüssigkeit, keine Gebundenheit (*latency*) einer einzelnen Elektricität. Dies Resultat, obgleich negativ, ist ausserordentlich wichtig, indem es vermuthlich die Folge einer natürlichen Unmöglichkeit ist, die nur klar werden wird, wenn wir die wahre Beschaffenheit und Theorie der elektrischen Kraft verstehen.

1178. Die vorstehenden Betrachtungen führen schon zu folgenden Schlüssen: Körper können nicht absolut, sondern nur relativ geladen werden, und nach einem Princip, welches gleich ist mit dem der Vertheilung. Alle Intensitäts-Erscheinungen schliessen das Princip der Vertheilung ein. Jede Erregung ist abhängig von oder direct verknüpft mit Vertheilung. Alle Ströme involviren zuvor Intensität, und deshalb zuvor Vertheilung. Vertheilung scheint die wesentliche

Function sowohl bei der ersten Entwicklung als bei den nachherigen Erscheinungen der Elektricität zu sein *).

3. Elektrometer und Vertheilungs-Apparat.

1179. Die weiteren Betrachtungen der vorstehenden Thatsachen einstweilen bei Seite lassend, bis sie mit andern direct auf die grosse Frage von der Natur der Vertheilung bezüglichen Resultaten verglichen werden können, will ich nun den von mir angewandten Apparat beschreiben, und, nach Verhältniss der Wichtigkeit der Principien, welche festgestellt werden sollen, so klar, dass kein Zweifel an den nachherigen Resultaten übrig bleibe.

1180. Elektrometer. Das von mir angewandte Messwerkzeug war die Torsionswage von *Coulomb*, im Ganzen nach seinen Vorschriften erbaut**), jedoch mit einigen Abänderungen und Zusätzen, die ich kurz beschreiben werde. Der untere Theil war ein Glascylinder, acht Zoll hoch und acht Zoll im Durchmesser. Die Röhre für den Torsionsfaden war siebzehn Zoll lang. Der Torsionsfaden war nicht von Metall, sondern von Glas, nach der vortrefflichen Angabe des Dr. *Ritchie****). Er war zwanzig Zoll lang, und von solcher Zartheit, dass er mit dem Schellackhebel und der daran sitzenden Kugel ungefähr zehn Schwingungen in einer Minute machte. Er erträgt eine Torsion von vier ganzen Umdrehungen oder 144°, und dennoch kehrt er, losgelassen, genau in seine frühere Lage zurück. Wahrscheinlich würde er ohne Nachtheil eine noch grössere Torsion ertragen. Die abgestossene Kugel war von vergoldetem Mark und 0,3 Zoll im Durchmesser. Der horizontale Hebel bestand, nach *Coulomb*'s Angabe, aus Schellack; der die Kugel tragende Arm war 2,4 Zoll lang, der andere nur 1,2 Zoll, und an diesem sass die ebenfalls von *Coulomb* beschriebene Windfahne, welche, wie ich fand, dem Zweck der raschen Vernichtung der Oscillationen bewundernswürdig entspricht. Damit die vertheilende Wirkung in dem Elektrometer für alle Lagen der abgestossenen Kugel und für alle Zustände des Apparats gleichförmig sei, waren zwei, etwa einen Zoll breite Streifen Zinnfolie rund herum an

*) Nach allem diesen könnte man vielleicht fragen: Was denn Vertheilung (*Induction*) eigentlich sei? *P.*

**) *Mémoires de l'académie* 1785, p. 570.

***) *Philosoph. Transact.* 1830.

die Innenfläche des Glascylinders geklebt, etwa 0,4 Zoll von einander, und in solcher Höhe, dass der Zwischenraum im Niveau mit dem Hebel und der Kugel lag. Diese Streifen wurden mit einander und mit der Erde verbunden, und übten daher, als vollkommene Leiter, immer einen gleichmässigen Einfluss auf die elektrisirte Kugel aus, was die Glasfläche, wegen der Unregelmässigkeit ihres Zustandes zu verschiedenen Zeiten, wie ich gefunden, nicht thut. Um die Luft in dem Elektrometer auf einem beständigen Grad von Trockenheit zu erhalten, war eine Glasschale mit einer Schicht geschmolzenen Kali's auf den Boden des Cylinders gestellt, und, um deren vertheilende Wirkung überall gleichförmig zu machen, mit einer Scheibe feinen Drahtnetzes bedeckt.

1181. Die bewegliche, zur Aufnahme und Messung der Elektricität dienende Kugel, welche ich Tragekugel (*repelling or carrier ball*) nennen will, bestand aus weichem Erlenholz, gut und glatt vergoldet. Sie war an einem dünnen Schellackstiel befestigt, und, nach *Coulomb*'s Methode, durch ein Loch in das Elektrometer eingeführt. An seinem oberen Ende war der Stiel befestigt in einem von drei kurzen Füssen getragenen Klotz, und auf der Oberfläche des Glasdeckels darüber war eine Bleiplatte mit Klappen darin, so dass die Tragekugel, wenn sie in ihre rechte Lage gebracht war, und zugleich mit dem Klotz gegen diese Klappen stand, leicht fortgenommen und ohne Zeitverlust sehr genau wieder an ihren Ort gestellt werden konnte.

1182. Rücksichtlich dieser Kugeln sind durchaus einige Vorsichtsmaassregeln nothwendig. Aus Mark allein verfertigt, sind sie sehr schlecht; denn, sehr trocken, ist diese Substanz ein so unvollkommener Leiter, dass sie nie eine freie Ladung empfängt oder giebt, und auch, nach Berührung mit einem geladenen Conductor, in einem ungewissen Zustand sein kann. Ferner ist es schwierig, Mark so glatt abzudrehen, dass die Kugel, selbst nach Vergoldung, von allen Unregelmässigkeiten der Gestalt hinreichend frei sei, und demgemäss eine Ladung ungeschwächt eine bedeutende Zeit lang festhalte. Daher müssen die Kugeln, nach ihrer Vergoldung, geprüft werden, ob sie, elektrisirt, eine Ladung eine bedeutende Zeit lang mit sehr geringer Schwächung behalten und sie dennoch durch Berührung mit einem nicht isolirten Conductor augenblicks und vollkommen verlieren. Widrigenfalls sind sie zu verwerfen.

1183. Es ist vielleicht unnöthig, mehr von der Graduirung des Instruments zu sagen, als zur Erklärung der Beobachtungsweise erforderlich ist. Auf einem Ring von Papier, der so an die Aussenseite des Glascylinders geklebt war, dass er den Zwischenraum der inneren Zinnfolie bedeckte, waren vier Punkte unter Winkeln von 90° bezeichnet. Vier andere, diesen Punkten entsprechende Punkte waren auf dem oberen Ring der inneren Zinnfolie angegeben. Durch diese und durch Stellschrauben, auf welchen das ganze Instrument stand, konnte der gläserne Torsionsfaden genau in die Mitte des Instruments und seiner Gradtheilung gebracht werden. Von einem jener vier Punkte ab war auf der Aussenseite des Cylinders eine Theilung von 90 Grad aufgetragen, und eine entsprechende Theilung auch auf den oberen Zinnfoliestreifen an der gegenüberstehenden inneren Seite des Cylinders; da auf der Oberfläche der abzustossenden Kugel, an dem der Seite des Elektrometers nächst liegenden Punkt, ein Tüpfelchen gemacht worden, so konnte man, durch Beobachtung der Linie, welche dieses Tüpfelchen mit den Linien der beiden eben genannten Theilungen machte, die Lage dieser Kugel leicht und genau ermitteln. Das obere Ende des Glasfadens war, wie in *Coulomb*'s Elektrometer, an einem Zeiger befestigt, der, zum Ablesen der Torsionsgrade, mit einem getheilten Kreis versehen war.

1184. Nach Nivellirung des Instruments und Ajustirung des Glasfadens wurde die Tragekugel so regulirt (1181), dass der Mittelpunkt derselben dem Nullpunkt der unteren oder äusseren Theilung des Instruments entsprach, und mit der abzustossenden Kugel an dem hängenden Torsionshebel in gleicher Höhe und in gleichem Abstande von dem Mittelpunkt lag. Dann wurde der Torsionszeiger so weit gedreht, bis die letztere Kugel genau auf 30° stand, und endlich der zu diesem Zeiger gehörende getheilte Kreis verschoben, bis der Zeiger auf dessen Nullpunkt einspielte. Diese Einrichtung ward getroffen, weil sie das experimentelle Resultat am directesten angab und am wenigsten Irrungen veranlasst. Der Winkelabstand von 30° zwischen den Kugeln wurde bei jedem Versuch angewandt, und die ganze Torsion auf ein Mal an dem getheilten Kreise abgelesen. Unter diesen Umständen hatten die Kugeln nicht nur bei jeder Messung gleichen Abstand von einander, sondern auch gleiche Lage in Bezug auf jeden Theil des Instruments, so dass alle Unregelmässigkeiten,

entspringend aus geringen Verschiedenheiten in der Form und Wirkung des Instruments und der umgebenden Körper, vermieden wurden. Die einzige Störung, welche noch hätte eintreten können, wäre eine Ablenkung des Torsionsfadens von der Senkrechtheit gewesen, eine grössere oder geringere, je nach der Abstossungskraft der Kugeln; allein diese Ablenkung war so schwach, dass sie in der Symmetrie der Anordnung innerhalb des Instruments keine Störung, und deshalb in dem Betrage der von der obigen Theilung angezeigten Torsion keinen Fehler veranlassen konnte.

1185. Wiewohl der constante Winkelabstand von 30° zwischen den Mittelpunkten der Kugeln für alle Zwecke als hinreichend genau befunden wurde, so konnte man doch das Instrument ohne Weiteres durch Verringerung dieses Abstandes noch bedeutend empfindlicher machen, und die bei verschiedenen Abständen erlangten Resultate sehr leicht vergleichen, entweder durch den Versuch, oder, da sie in umgekehrtem Verhältniss des Quadrats der Abstände stehen, durch Rechnung.

1186. *Coulomb*'s Torsions-Elektrometer erfordert Erfahrung, um verstanden zu sein; allein ich halte es für ein sehr schätzbares Instrument in der Hand Derjenigen, die sich Mühe geben, die zu seinem Gebrauch erforderlichen Vorsichtsmaassregeln durch Uebung zu erlernen. Sein isolirender Zustand verändert sich nach Umständen, und muss vor den Versuchen geprüft werden. Bei gewöhnlicher und guter Beschaffenheit des Instruments gebrauchten die Kugeln, wenn sie so elektrisirt waren, dass sie, bei 30° Normal-Abstand, eine repulsive Torsionskraft von 400° aufwogen, vier Stunden, um, bei gleichem Abstand, auf die Kraft von 50° herabzusinken. Im Durchschnitt betrug der Verlust in der Minute 2°,7 von 400° bis 300°, 1°,7 von 300 bis 200°, 1°,3 von 200° bis 100°, und 0°,87 von 100° bis 50°. Da sich mit dem Instrument eine vollständige Messung in weit weniger als einer Minute machen lässt, so ist der Verlust in dieser Zeit nur klein und leicht in Rechnung zu nehmen.

1187. Der Vertheilungs-Apparat. — Da ich beabsichtigte die vertheilende Wirkung genau zu untersuchen, wenn sie durch verschiedene Mittel hin stattfand, so war nothwendig, diese Mittel dazu unter genau gleichen Umständen und in solchen Mengen anzuwenden, dass jede dabei eintretende Variation eliminirt wurde. Die Erfordernisse des zu construirenden Apparats waren also: dass die vertheilenden Oberflächen

der Leiter in Form, Zustand und gegenseitiger Entfernung constant seien, und dass die starren, flüssigen und gasigen Substanzen leicht und sicher zwischen diese Flächen gebracht und daselbst beliebig lang erhalten werden können.

1188. Der angewandte Apparat bestand in der Hauptsache aus zwei Metallkugeln von ungleichem Durchmesser, die kleinere concentrisch in der grösseren befindlich; durch den Zwischenraum hin sollte die Vertheilung geschehen. Fig. 5 zeigt den Apparat in halber Grösse: *a*, *a* sind die beiden Hälften einer Messingkugel, luftdicht verbunden bei *b*, wie Magdeburger Halbkugeln, und inwendig vollkommen eben und glatt, so dass keine Unregelmässigkeit vorhanden war; durch das Verbindungsstück *c* ist der Apparat an einen guten Hahn *d* geschraubt, der wiederum entweder mit einem metallenen Fuss *e* oder mit einer Luftpumpe verbunden ist. Die Oeffnung *b* in der Halbkugel ist sehr klein; *g* ist eine messingene Dille an der oberen Halbkugel, durch welchen der Schellack-Träger der inneren Kugel und deren Stiel geleitet ist; *h* ist die innere Kugel, auch von Messing; sie ist an einen Messingstiel *i* geschraubt, der oben in einem Messingknopf *B* endigt; *l*, *l* ist eine Masse Schellack, die *i* dicht umschliesst, und sowohl zum Tragen als zum Isoliren dieses Stiels und der Kugeln *h* und *B* dient.

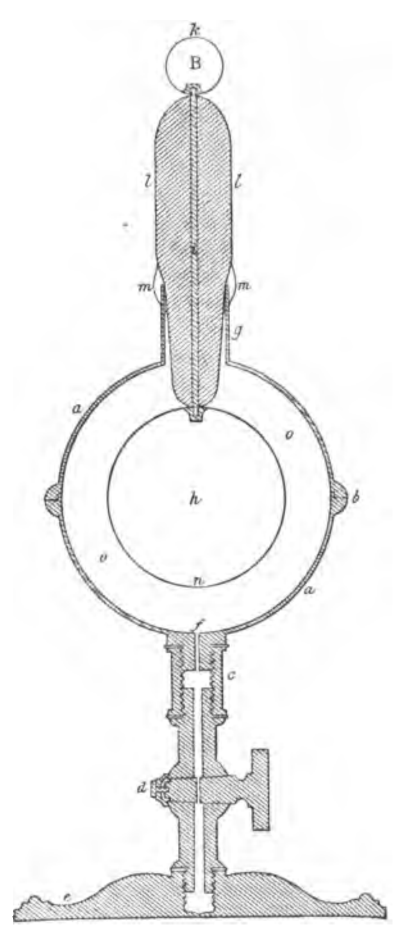


Fig. 5.

Der Schellack-Träger *l* ist in dem Halse *g* befestigt, mittelst eines gewöhnlichen Harzkittes, der etwas schmelzbarer ist als Schellack, und bei *m*, *m* so angebracht worden, dass er daselbst den Apparat luftdicht verschliesst und hinreichende Festigkeit gewährt, doch aber von dem unteren Theil der Schellackstange, zur Isolation zwischen den Kugeln *a* und *h*, möglichst wenig berührt. Die Kugel *h* hat bei *n* eine kleine Oeffnung, damit, wenn der Apparat von einem Gase geleert und mit einem anderen gefüllt wird, dasselbe auch mit der Kugel *h* geschehe, und solchergestalt während eines Versuchs keine Veränderung mit dem im Zwischenraum *o o* befindlichen Gase eintreten könne.

1189. Es wird überflüssig sein, die Dimensionen aller einzelnen Theile anzugeben, da die Zeichnung die halbe natürliche Grösse hat.[8]) Der Durchmesser der inneren Kugel ist 2,33, und der innere der grösseren 3,57 Zoll, mithin beträgt die Breite des Zwischenraums, durch welchen hin die Vertheilung geschieht, 0,62 Zoll, und die Ausdehnung dieses Raumes oder der Flächenraum einer mittleren Kugel kann zu 27 Quadratzoll angenommen werden, eine für die Vergleichung verschiedener Substanzen gewiss hinreichende Grösse. Die Oberflächen der Kugeln *h* und *a a* waren mit grosser Sorgfalt gearbeitet, und weder sie, noch irgend ein anderer metallener Theil des Apparats gefirnisst oder lackirt.

1190. Die Befestigung und Einsetzung der Schellackstange erforderte viele Sorgfalt, besonders da sie, wegen erhaltener Risse, oft erneut werden musste. Der beste Lack wurde ausgewählt und auf dem Draht *i* angebracht, damit er denselben überall wohl berühre und durch seine ganze Masse hin vollkommene Continuität besitze. Er war nicht dünner als in der Zeichnung angegeben ist, denn sonst zersprang er häufig wenige Stunden nach dem Abkühlen. Ich glaube, dass ein sehr langsames Abkühlen seine Eigenschaften in dieser Beziehung verbessert. Damit die Kugel *h* bei jeder neuen Befestigung der Stange *l* an der oberen Halbkugel eine gleiche Lage habe, wurde eine Form *p* (Fig. 6) von Holz angewandt, auf diese die Kugel und Halbkugel gelegt, und, während der Kitt bei *m*, *m* noch weich war, die Stützpunkte der Kugel bei *q q* und der Halbkugel bei *r r* kräftig angedrückt, und so bis zum Erkalten stehen gelassen. So war alle Schwierigkeit in der Ajustirung beider Kugeln gehoben.

1191. Anfänglich befestigte ich die Stange in dem Halse

durch andere Mittel, z. B. durch einen Papierstreifen, oder einen Wulst von weissen Seidenfäden; allein diese standen dem Kitt weit nach, indem sie das Isolationsvermögen des Apparats sehr schwächten.

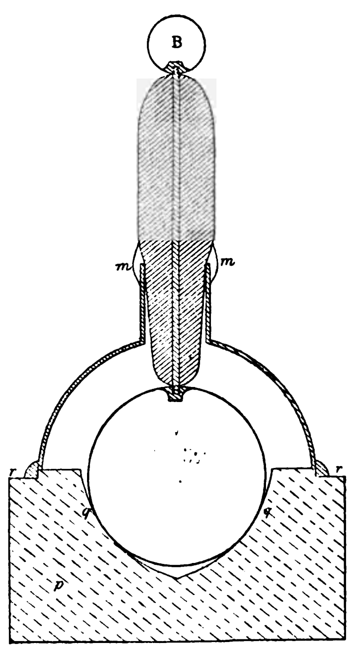


Fig. 6.

1192. Bei guter Beschaffenheit bewahrte dieser Apparat die Elektricität besser als das Elektrometer (1186), d. h. der Kraftverlust war geringer bei ihm. Wenn man z. B. den Apparat, und auch die Kugeln des Elektrometers, bis zu dem Grade lud, dass er, nach vorheriger Berührung der inneren Kugel mit dem Scheitel *k* der Kugel *B* des Apparats, eine Repulsion gleich 600° der Torsionskraft bewirkte, betrug der Verlust durchschnittlich in der Minute 8°,6 beim Herabsinken von 600° auf 400°; 2°,6 von 400° auf 300°; 1°,7 von 300° auf 200°; 1° von 200 auf 170°. Diese Zahlen ergaben sich kurze Zeit nach der Entladung; im ersten Augenblick der Ladung zeigt sich ein scheinbarer Elektricitätsverlust, der erst späterhin (1207, 1250) begriffen werden kann.

1193. Wenn der Apparat sein Isolationsvermögen plötzlich verliert, ist es immer Folge eines Risses (im Schellack) nahe bei oder in der Dille *g*. Diese Risse gehen in der Regel quer durch die Stange. Bilden sie sich an dem Theil, der mit dem gewöhnlichen Kitt an der Dille befestigt ist, so kann die Luft nicht eindringen; sie bleiben also luftleer, und entführen dann Elektricität und schwächen die Ladung fast wie wenn ein Stück Metall daselbst befindlich wäre. Einer solchen rissigen Stange kann man, nachdem sie herausgenommen und vom Kitt gesäubert worden, durch vorsichtige Erwärmung und Erweichung

über einer Weingeistflamme ihre Continuität wieder geben; wenn aber dies nicht hilft, muss man eine neue Schellackstange anfertigen.

1194. Wenn der Apparat in Ordnung war, konnte er leicht von der Luft geleert und mit einem gegebenen Gase gefüllt werden. Wenn das Gas ein saures oder alkalisches war, konnte es natürlich nicht durch die Luftpumpe fortgeschafft werden. In solchen Fällen wurde, um es zu entfernen, der Apparat geöffnet und gereinigt; die innere Kugel wurde mit destillirtem Wasser, das in das Schraubenloch eingegossen worden, zwei bis drei Mal ausgespült, darauf bis über 212° F. erhitzt, und Luft durchgeblasen, um sie inwendig vollkommen auszutrocknen.

1195. Der beschriebene Vertheilungs-Apparat ist offenbar eine Leidner Flasche, mit dem Vorzug jedoch, dass man das di-elektrische oder isolirende Medium nach Gefallen wechseln kann. Die Kugeln *h* und *B*, nebst dem Verbindungsdraht *i*, bilden den geladenen Conductor, auf dessen Oberfläche alle elektrische Kraft vermöge der Vertheilung (1178) sich aufhält. Wiewohl der grösste Antheil dieser Vertheilung zwischen der Kugel *h* und der umgebenden Hohlkugel *a a* stattfindet, so bedingen doch auch der Draht *i* und die Kugel *B* einen Theil der Vertheilung von ihrer Oberfläche aus gegen die äusseren umgebenden Leiter. Indess da Alles in dieser Beziehung gleich bleibt, so werden alle Verschiedenheiten, welche der Apparat zeigt, wenn man das Medium in *o o* verändert, eben von diesen Veränderungen herrühren. Ich glaubte, dass jene Verschiedenheiten, wenn sie existirten, am deutlichsten würden, wenn man zwei, einander in jeder Beziehung ähnliche Apparate der beschriebenen Art hätte, sie mit verschiedenen isolirenden Mitteln füllte, dann den einen ladete, darauf die Ladung, nachdem sie gemessen worden, zwischen beiden theilte, und nun den Endzustand beider beobachtete. Wenn isolirende Mittel wirklich eine specifische Verschiedenheit im Vertheilungsvermögen besässen, so müsste es, meiner Meinung nach, durch solch ein Verfahren nachzuweisen sein.

1196. Um die beim Gebrauche dieser Apparate nöthigen Vorsichtsmaassregeln auseinanderzusetzen, will ich die Versuche beschreiben, die angestellt wurden, um ihre Gleichheit, im Fall sie beide gemeine Luft enthielten, zu erweisen. Zu ihrer Unterscheidung will ich sie Apparat I und II nennen.

1197. Zuërst muss man das Elektrometer ajustiren und

prüfen (1184), dann die Apparate I und II vollkommen entladen. Nun lade man eine Leidner Flasche so stark, dass sie zwischen zwei Kugeln von einem halben Zoll im Durchmesser einen Funken von $^1/_{16}$ bis $^1/_{20}$ Zoll Länge giebt. Hierauf lade man die Tragekugel des Elektrometers an der Flasche, bringe sie wieder in's Elektrometer, und führe die Hebel-Kugel durch Drehung des Torsionszeigers gegen sie. Die Ladung wird sich dann zwischen beiden Kugeln theilen und Abstossung erfolgen. Es ist gut die abgestossene Kugel durch Drehung des Torsionszeigers auf den Normal-Abstand von 30° zu bringen, und zu beobachten, wie viel Kraft in Graden dazu erforderlich ist. Diese Kraft soll in den ferneren Versuchen Abstossung der Kugeln heissen.

1198. Nun wird einer der Vertheilungsapparate, z. B. No. I, durch die Leidner Flasche geladen, nachdem sie zuvor auf gleichen Zustand, wie bei der Ladung der Kugeln, gebracht worden ist. Die Tragekugel wird mit dem Scheitel *k* der Kugel *B* (Fig. 5) in Berührung gesetzt, dann in das Elektrometer gebracht, und die Abstossungskraft (bei 30° Abstand) gemessen. Dann wird die Tragekugel wiederum an den Apparat I gelegt, und die Messung wiederholt. Nun werden die Apparate I und II mit einander verbunden, um die Ladung zwischen ihnen zu theilen. Darauf misst man die Kraft eines jeden durch Anlegung der Tragekugel wie zuvor, und zeichnet die Resultate auf. Nun entladet man beide Apparate; dann ladet man wieder Apparat II, misst die Ladung, theilt sie mit Apparat I, misst wiederum die Kraft und schreibt sie auf. Wenn in jedem Fall die halben Ladungen von I und II einander gleich sind, und beide zusammen gleich der ganzen Ladung vor der Theilung, dann kann man es als bewiesen ansehen, dass die beiden Apparate einander an Kraft gleich und zu Vergleichungen verschiedener isolirender (*dielectrics*) Mittel brauchbar sind.

1199. Die zur Erlangung richtiger Resultate nöthigen Vorsichtsmaassregeln sind indess zahlreich. Die Apparate I und II müssen immer auf eine vollkommen nicht isolirende Substanz gestellt werden. Ein Mahagony-Tisch z. B. ist in dieser Hinsicht bei weitem nicht genügend; daher ich ein Blatt Zinnfolie, verbunden mit dem grossen Entladungs-Apparat (292), angewandt habe. Die Apparate dürfen einander nicht zu nahe gestellt werden, müssen aber doch dem vertheilenden Einfluss der umgebenden Gegenstände gleichmässig ausgesetzt sein. Ferner darf die Lage dieser Gegenstände während eines

Versuches nicht verändert werden, weil sonst Veränderungen in der auf die äussere Kugel B ausgeübten Vertheilung eintreten, und dadurch Fehler in die Resultate eingeführt werden können. Man muss ferner die Tragekugel, wenn man derselben ihren Antheil Elektricität von dem Apparate giebt, immer an eine und dieselbe Stelle der Kugel B legen, z. B. an den Scheitel k, und immer auf dieselbe Weise; auch muss man veränderliche Vertheilungen seitens der Nähe des Kopfs, der Hände u. s. w. vermeiden, und die Kugel nach der Berührung in einer regelmässigen und constanten Weise aufwärts fortziehen.

1200. Da die Schellackstange manchmal gewechselt werden musste (1190), und dadurch die Lage der inneren Kugel leicht ein wenig verändert werden konnte, so veränderte ich diese absichtlich um einen Achtelzoll (was weit mehr ist als je in Praxis vorkommen kann); ich konnte indess nicht finden, dass dadurch die Relation des Apparats oder sein vertheilender Zustand als ein Ganzes merklich geändert worden wäre. Eine andere Probe wurde in Bezug auf die Feuchtigkeit der Luft angestellt, indem ich ihn ein Mal mit sehr trockner und das andere Mal mit über Wasser gestandener Luft füllte. Dies brachte indess keine Aenderung in dem Resultat hervor, ausgenommen manchmal eine Neigung zur schnelleren Entweichung (der Elektricität). Es wurde indess immer die Vorsicht befolgt, mit Gasen im vollkommen trocknen Zustand zu arbeiten (1290).

1201. Wesentlich ist es, dass das Innere des Apparats vollkommen frei sei von Staub oder herumschwebenden Theilchen, denn diese schwächen rasch die Ladung, und stören bei Gelegenheiten, wo man ihre Gegenwart und Wirkung kaum ahnen würde. Ein wirksames Mittel, sie zu entfernen, besteht darin, dass man in den Apparat bläst und ihn sanft mit einem reinen seidenen Taschentuch auswischt. Dann muss man sich aber sorgfältig vor dem Eindringen anderer Theilchen hüten, und deshalb aus mehreren anderen Gründen eine staubige Atmosphäre vermeiden.

1202. Die Schellackstange muss bisweilen gut abgewischt werden, erstlich, um die Wachsschicht und andere auf ihr haftende Substanzen zu entfernen, späterhin um den Schmutz und Staub fortzunehmen, welche sich im Lauf der Versuche darauf absetzen. Ich habe gefunden, dass Vieles von dieser Vorsichtsmaassregel abhängt. Ein seidnes Taschentuch ist der beste Wischer.

1203. Allein das Abwischen und einige andere Umstände können der Oberfläche der Schellackstange leicht eine Ladung geben. Diese muss entfernt werden, weil sie sonst den Grad von Ladung, welchen die Tragekugel vom Apparat erhält (1232), bedeutend abändern könnte. Ob die Stange geladen sei, findet man am besten, wenn man den Apparat entladet, die Tragekugel an die Stange legt, sie mit dem Finger berührt, isolirt, darauf abhebt, und untersucht, ob sie (durch Vertheilung) eine Ladung durch die Stange bekommen habe. Ist es der Fall, so befindet sich die Stange selbst im Zustand der Ladung. Der beste Weg, die Ladung fortzunehmen, besteht darin, dass man ein seidnes Taschentuch einfach um den Finger schlägt, die Stange behaucht und gleich darauf mit dem Finger abwischt, während die Kugel *B*, ihr Verbindungsdraht u. s. w. unisolirt sind. Mit der abwischenden Stelle des Tuchs darf man nicht wechseln; sie wird dann feucht genug, um keine Elektricität in der Stange zu erregen, und bleibt doch auch trocken genug, um diese Stange rein und isolirend zu machen. Wenn die Luft staubig ist, wird man finden, dass in Folge des Fortführungsvermögens der Staubtheilchen eine einzige Ladung des Apparats die Aussenseite der Stange in einen elektrischen Zustand versetzt; wogegen man des Morgens oder in einem Raume, der leer stand, mehre Versuche hinter einander machen kann, ohne dass die Stange den schwächsten Grad von Ladung annimmt.

1204. Bei Kerzen- oder Lampen-Licht dürfen die Versuche nicht anders als mit vieler Sorgfalt angestellt werden, denn Flammen haben ein grosses und doch unstetes Vermögen, elektrische Ladungen zu afficiren und zu zerstreuen.

1205. Endlich müssen die Apparate ihre Ladung gut und gleichförmig behalten, beide in gleichem Maasse, und daneben müssen sie sich vollständig und augenblicklich entladen lassen, so dass hernach die Tragekugel keine Ladung empfängt, wo man auch mit ihr die Kugel *B* berühre (1218).

1206. In Bezug auf das Torsions-Elektrometer sind als Vorsichtsmaassregeln nur erwähnenswerth, dass die Tragekugel während der ersten Hälfte des Versuchs in ihrem elektrischen Zustand bewahrt werden, der Elektricitätsverlust, der aus ihrer Entladung erfolgen würde, vermieden werden muss: dass man, bei Hineinbringung derselben in das Elektrometer durch das Loch in der oberen Glasplatte sich sorgfältig hüten müsse,

den Rand des Glases zu berühren, oder auch ihm nur zu nahe zu kommen.

1207. Wenn die ganze Ladung des einen Apparats zwischen beiden getheilt wird, so ist die allmälige Abnahme derselben, anscheinend wegen Entweichens, in dem Apparat, welcher die halbe Ladung empfangen habe, grösser als in dem ursprünglich geladenen. Dies rührt von einem besonderen, späterhin (1250, 1257) zu beschreibenden Umstand her, dessen störender Einfluss grösstentheils vermieden wird, wenn man die Stufen der Operation regelmässig und rasch hinter einander vornimmt. Daher muss man, nachdem die ursprüngliche Ladung z. B. von Apparat I gemessen worden ist, beide Apparate, I und II, durch ihre Kugeln *B* symmetrisch verbinden, und zugleich die eine derselben mit der Tragekugel berühren; hierauf muss man letztere entfernen, und dann erst die Apparate von einander trennen; nun misst man Apparat II rasch durch die Tragekugel, dann Apparat I; endlich entladet man II, und bringt die entladene Tragekugel an denselben, um zu ermitteln, ob er eine rückständige Ladung zeige (1205). Eben so entladet man I, und prüft ihn nach der Entladung in gleicher Weise und zu gleichem Zwecke.

1208. Folgendes ist ein Beispiel von der Theilung einer Ladung zwischen beiden Apparaten, als Luft das di-elektrische Medium in ihnen war. Die Beobachtungen sind unter einander gestellt in der Ordnung, in welcher sie gemacht wurden. Die Zahlen linker Hand bezeichnen die Beobachtungen am Apparat I, die Zahlen rechter Hand die am Apparat II. Der Apparat I wurde direct geladen, und die Ladung, nach zweimaliger Messung, mit Apparat II getheilt:

Apparat I.		Apparat II.	
	Kugeln 160°		
	. . . .	0°	
254°	. . . .		
250	. . . .		
getheilt und sogleich gemessen:			
	. . . .	122°	
124°	. . . .		
1	. . . .		nach Entlad.
	. . . .	2°	dito dito.

1209. Ohne uns bei dem Verlust, der während des Versuchs allmälig stattgefunden haben musste, aufzuhalten, wollen

wir die Zahlen betrachten, so wie sie dastehen. Da 1° im Apparat I als unentladbar zurückblieb, so kann man 249° als den höchsten Werth der übertragbaren oder theilbaren Ladung ansehen; die Hälfte desselben ist 124°,5. Da der Apparat II im ersten Augenblick ohne Ladung war, sogleich nach der Theilung aber 122° zeigte, so kann dies wenigstens als der Betrag des Empfangenen angesehen werden. Andererseits lässt sich 124° weniger 1° oder 123° als die Hälfte der vom Apparat I zurückgehaltenen übertragbaren Ladung ansehen. Nun weicht diese Hälfte nicht sehr ab von 124°,5 der Hälfte des vollen Betrages der übertragbaren Ladung. Und wenn der allmälige Verlust an Ladung, welcher aus dem Unterschied zwischen 254° und 250° bei Apparat I hervorgeht, auch in Rechnung genommen wird, so hat man allen Grund zu der Annahme, dass die Resultate eine gleiche Theilung der Ladung ergeben, ohne ein anderes Verschwinden der Kraft, als das durch Entweichung (*dissipation*).

1210. Ich will ein anderes Resultat geben, wobei der Apparat II zuerst geladen wurde, und der Rückstand in demselben grösser als im vorhergehenden Beispiel war:

Apparat I.		Apparat II.
	Kugeln 150°	
	. . . .	152°
	. . . .	148
getheilt und sogleich gemessen:		
70°	. . . .	
	. . . .	73°
	. . . .	5 sogleich nach Entlad.
0	. . . .	dito dito dito.

1211. Die wegnehmbare Ladung war hier 148° minus 5°, wovon die Hälfte 71°,5 nicht sehr abweicht von 70°, der halben Ladung von I, oder von 73°, der halben Ladung von II. Diese halben Ladungen machen zusammen wiederum die Summe 143° oder genau den Betrag der ganzen übertragbaren Ladung. Mit Rücksicht auf die Beobachtungsfehler lassen sich also auch diese Resultate als Beweis betrachten, dass die Apparate gleiche Vertheilungs-Capacität oder gleiche Ladungsfähigkeit besassen.

1212. Eine Wiederholung der Versuche mit Ladungen von negativer Elektricität gab im Allgemeinen dieselben Resultate.

1213. Um der Empfindlichkeit und Wirksamkeit der Apparate sicher zu sein, machte ich eine solche Veränderung an ihnen, dass, nach der Theorie, ihre Vertheilungskraft verstärkt werden musste, d. h. ich brachte in die untere Halbkugel des Apparats einen metallischen Einsatz (*lining*), wodurch die Dicke der Luftschicht daselbst von 0,62 auf 0,435 Zoll verringert wurde. Dieser Einsatz war sorgfältig so geformt und abgerundet, dass er an seinem Rande keinen plötzlichen Vorsprung machte, sondern von dem verkleinerten Zwischenraum im unteren Theil der Kugel nach dem grösseren im oberen einen allmäligen Uebergang darbot.

1214. Diese Veränderung, an dem Apparat I angebracht, gab diesem sogleich eine grössere Vertheilungsfähigkeit, als Apparat II besass. Wenn so z. B. eine übertragbare Ladung von 469° des Apparats II getheilt ward mit Apparat I, so behielt der erstere 225°, während letztere 227° bekam, d. h. der erstere hatte 244° verloren dadurch: dass er dem letzteren 227° mittheilte. Wenn andererseits der Apparat I eine übertragbare Ladung von 381° besass und diese durch Contact mit Apparat II getheilt wurde, verlor er nur 181°, während er dem Apparat II 194° abgab. Die Summe der halben Ladungen war im ersten Falle kleiner, und im zweiten grösser als die ungetheilte ganze Ladung. Diese Resultate sind um so auffallender, als nur die eine Hälfte des Innern vom Apparat I abgeändert wurde, und zeigen, dass die Instrumente fähig sind, mitten unter den Beobachtungsfehlern Unterschiede in der Vertheilung nachzuweisen, wenn dieselben weit kleiner sind als die, welche durch die im vorliegenden Fall gemachte Veränderung bewirkt werden.

4. Vertheilung in krummen Linien.

1215. Unter den aus der Molecular-Ansicht von der Vertheilung hervorgehenden Resultaten, welche, als von besonderer Natur, am besten für oder wider die Richtigkeit dieser Ansicht zeugen können, ist, glaube ich, die vermuthete Wirkung in krummen Linien für jetzt die wichtigste; denn, wenn sich ihr Dasein auf eine unzweideutige Weise darthun lässt, so sehe ich nicht ein, wie die alte Theorie von einer Wirkung in die Ferne und in geraden Linien länger haltbar sei, oder wie man den Schluss, dass die gewöhnliche Vertheilung eine Wirkung angrenzender Theilchen sei, noch zurückweisen könne.

1216. Unter den älteren Versuchen giebt es manche, die als günstig für die von mir angenommene Theorie angeführt werden könnten. Solche sind die meisten Fälle von elektrochemischer Zersetzung, elektrischen Feuerbüscheln, Funken, elektrischem Wehen (*auras*) u. s. w. Indess da diese als zweifelhafte Beweise angesehen werden können, in sofern sie einen Strom und eine Entladung einschliessen (wiewohl sie mir längst Anzeigen von vorhergegangener Molecular-Action gewesen sind (1230)) so bemühte ich mich solche Versuche zu ersinnen, die keine Uebertragung einschliessen, sondern ganz der einfachsten Vertheilungs-Wirkung der statischen Elektricität angehören.

1217. Es war auch wichtig, diese Versuche in der möglichst einfachsten Weise anzustellen, nicht mehr als Ein isolirendes oder di-elektrisches Medium auf einmal anzuwenden, damit nicht Unterschiede in langsamer Leitung Effecte erzeugen mochten, die man fälschlich für Resultate einer Vertheilung in krummen Linien halten könnte. Es wird unnöthig sein, jeden Schritt der Untersuchung ängstlich zu beschreiben. Ich will sogleich zu der einfachsten Beweisart der Thatsachen übergehen, zuerst für Luft und dann für andere isolirende Media.

1218. Ein massiver Schellack-Cylinder, 0,9 Zoll im Durchmesser und 7 Zoll lang, war aufrecht in einem hölzernen Fuss (siehe Fig. 7) befestigt; sein oberes Ende hatte eine Vertiefung, so dass eine Messingkugel oder ein anderer Gegenstand hinein gelegt werden konnte. Nachdem die obere Hälfte desselben durch Reiben mit warmem Flanell negativ erregt worden, wurde eine Messingkugel *B* von 1 Zoll im Durchmesser auf das obere Ende gelegt, und das Ganze durch die Tragekugel des *Coulomb*schen Elektrometers (1180, etc.) untersucht. Zu dem Ende lud man die Kugeln des Elektrometers positiv zu ungefähr 360°, legte darauf die Tragekugel an verschiedene Stellen der Kugel *B*, machte beide, während sie in Contact oder Position waren, unisolirt, isolirte sie darauf*), trennte sie, und untersuchte die

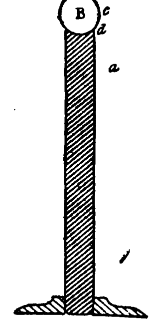


Fig. 7.

*) Es braucht wohl kaum gesagt zu werden, dass die Tragekugel, was für einen Zustand sie auch im Allgemeinen irgend da, wo sie unisolirt und darauf isolirt worden, erlangt haben mochte, diesen nach Entfernung von dieser Stelle behielt, wenn sie auch durch andere Stellen geführt worden, die ihr, unisolirt, einen anderen Zustand gegeben haben würden.

Tragekugel auf die Natur und Stärke ihrer Elektricität. Ihre Elektricität war immer positiv, und die successiv an den Stellen *a*, *b*, *c*, *d* u. s. w. beobachtete Stärke derselben folgende:

bei *a* 1000° und mehr
» *b* 149
» *c* 270
» *d* 512
» *b* 130.

1219. Um das ganze Gewicht dieser Resultate zu begreifen, muss man wissen, dass alle Ladungen der Kugel *B* und der Tragekugel Vertheilungs-Ladungen waren, hervorgehend aus der Wirkung der erregten Oberfläche des Schellackcylinders. Denn jegliche Elektricität, welche die Kugel *B* durch Mittheilung entweder im ersten Augenblick oder späterhin von der Kugel erhalten haben mochte, war durch unisolirten Contact fortgenommen, so dass nur die durch Vertheilung erlangte übrig blieb. Dies ergab sich daraus, dass die aus der Kugel, in ihrem unisolirten Zustande, gezogenen Ladungen immer positiv oder entgegengesetzter Art als die des Schellacks waren. Ferner waren die Ladungen in *a*, *c*, *d* solcher Art, wie man sie von einer Vertheilung in geraden Linien erwarten durfte; allein die in *b* war nicht also. Sie war offenbar eine Ladung durch Vertheilung; allein eine Vertheilung in krummer Linie; denn die Tragekugel konnte, als sie *b* berührte und hernach auf sechs Zoll und mehr von der Kugel *B* entfernt war, wegen der Grösse von *B*, nicht durch eine gerade Linie mit irgend einem Theil des erregten und inducirenden Schellacks verbunden werden.

1220. Annehmen, dass der obere Theil der unisolirten Kugel *B* durch den dem Schellack zugewandten Theil in einem elektrischen Zustande erhalten werde, würde unserer Kenntnis von diesem Gegenstande widersprechen. Auf der Oberfläche von Leitern wird die Elektricität nur durch Vertheilung festgehalten (1178); und wenn auch einige Personen dies nicht für isolirte Conductoren zugeben möchten, so werden sie es doch für nicht isolirte Leiter wie die Kugel *B* thun. Um den Gegenstand zu entscheiden, brauchen wir nur die Tragekugel nach *e* zu bringen (Fig. 8), so dass sie nicht mit *B* in Berührung kommt, sie dann durch einen senkrecht herabgehenden Stab mit dem Boden in Verbindung zu setzen, darauf zu isoliren, und ihren Zustand zu untersuchen. Man wird sie mit

derselben Elektricität und selbst in höherem Grade geladen finden, wie wenn sie mit dem Scheitel von *B* in Berührung gewesen war (1224).

1221. Die Voraussetzung ferner, dass die Vertheilung irgend wie durch oder quer über das Metall der Kugel wirke, wird durch die einfachsten Betrachtungen widerlegt, besser noch durch eine Thatsache. Wendet man statt der Kugel *B* eine kleine Metallscheibe an; so kann die Tragekugel an oder über der Mitte ihrer Oberfläche geladen werden; nimmt man indess die Scheibe von etwa 1,5 oder 2 Zoll Durchmesser, wie *C* in Fig. 9, so erhält die Tragekugel keine Ladung bei *f*, obwohl es näher dem Rande bei *g* oder selbst über der Mitte bei *h* der Fall ist. Dies findet statt, wenn auch die Scheibe nur

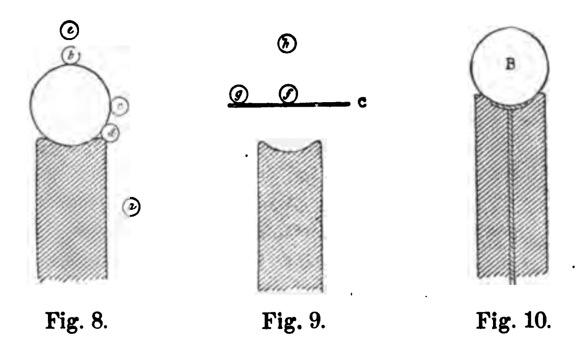


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

aus Blattgold besteht. Hieraus leuchtet ein, dass die Vertheilung nicht quer durch das Metall, sondern durch die Luft oder das di-elektrische Mittel geschieht, und zwar in krummen Linien.

1222. Ich hatte eine andere Vorrichtung, in welcher ein mitten durch den Schellack-Cylinder zur Erde herabgehender Draht mit der Kugel *B* (Fig. 10) verbunden war, um sie fortwährend im nicht isolirten Zustand zu erhalten. Dieser sehr bequeme Apparat gab die nämlichen Resultate wie die früher beschriebenen.

1223. In einem anderen Fall wurde die Kugel *B* von einer zweiten, von dem geriebenen Schellackcylinder einen halben Zoll entfernten Schellackstange getragen; allein die Ergebnisse waren dieselben. Dann wurde der Messingknopf einer geladenen Leidner Flasche statt des geriebenen Schellacks zur

Erzeugung der Vertheilung angewandt; allein auch dies brachte keine Veränderung in den Erscheinungen hervor. Sowohl positive als negative Vertheilungs-Ladungen wurden im Allgemeinen mit demselben Erfolg untersucht. Endlich ward die Vorrichtung in der Luft umgekehrt, um jeden möglichen Einwand gegen die Schlüsse zu beseitigen; allein diese liefen ganz auf dasselbe hinaus.

1224. Ausserordentlich interessant waren einige Resultate, die mit einer messingenen Halbkugel, statt der Kugel *B*, erhalten wurden. Sie hielt 1,36 Zoll im Durchmesser, und, nachdem sie auf den geriebenen Schellackcylinder gelegt worden, wurde die Tragekugel in die in Fig. 11 angegebenen Lagen gebracht, wie bei den früheren Versuchen. Bei *i* war die Kraft 112°, bei *k* 108°, bei *l* 65°, bei *m* 35°; nach diesem Punkte hin nahm die Vertheilungskraft allmälig ab, wie zu erwarten stand. Erhob man indess die Tragkugel bis nach *n*, so stieg die Ladung auf 87°, und noch höher, und *o* sogar auf 105°; in dem noch höheren Punkt *p* betrug die Ladung aber nur 98°, und bei weiterer Erhebung der Kugel fuhr sie in der Abnahme fort. Hier ging die Vertheilung rein um die Ecke. Nichts in der That zeigt besser sowohl die krummen Linien oder Bahnen der durch die Gestalt, Lage und Beschaffenheit der metallenen Halbkugel aus ihrer Geradlinigkeit abgelenkten Vertheilungswirkung, als auch die, so zu sagen, Seitenspannung dieser Linien gegen einander; alles hängt, meiner Ansicht nach, davon ab, dass die Vertheilung eine Wirkung anliegender Theilchen des di-elektrischen Mittels ist, welche durch ihre Kräfte in einen Polarisations- und Spannungszustand versetzt und nach allen Richtungen gegenseitig verknüpft sind.

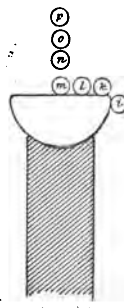


Fig. 11.

1225. Als einen anderen Beweis, dass alle die Wirkungen vertheilender Art sind, kann ich noch ein, genau vorauszusehendes Resultat anführen, nämlich, dass, wenn man eine nicht isolirte leitende Substanz neben und nahe an die erregte Schellackstange bringt, die Vertheilungskraft sich gegen diese richtet, und nicht oben auf der Halbkugel gefunden werden kann. Entfernt man diese Substanz, so nehmen die Linien der Kraft ihre frühere Richtung wieder an. Der Versuch erweist die Seitenspannung dieser Linien, und zugleich die

Nothwendigkeit, solche Substanzen bei dieser Untersuchung zu entfernen.

1226. Nach diesen Resultaten über die Gekrümmtheit der Vertheilung in der Luft dehnte ich die Versuche auf andere Gase aus, zuerst auf Kohlensäure und dann auf Wasserstoff. Die Erscheinungen dabei waren den schon beschriebenen ganz ähnlich. Bei diesen Versuchen fand ich, dass, wenn man die Gase in Gefässe einschliesst, diese sehr gross genommen werden müssen; denn sowohl bei Glas als bei Steingut ist das Leitungsvermögen so gross, dass die Vertheilungskraft des erregten Schellackcylinders gegen sie eben so bedeutend ist wie gegen Metall; und wenn die Gefässe klein sind, richtet sich ein so beträchtlicher Theil der Vertheilungskraft gegen sie, dass die zuvor erwähnte Seitenspannung oder die gegenseitige Abstossung der Linien der Kraft (*mutual repulsion of the lines of force*) (1224), wodurch ihre Beugung veranlasst wird, so sehr in andere Richtungen gehoben wird, dass die Tragekugel in den Lagen *k*, *l*, *m*, *n*, *o*, *p* (Fig. 11) keine Vertheilungsladung empfängt. Eine sehr gute Anstellungsweise der Versuche ist die, dass man breite Gasströme durch die Luft auf- oder absteigen lässt und in diesen die Versuche anstellt.

1227. Nun wurden die Versuche dahin geändert, dass man statt der Luft oder der Gase eine di-elektrische Flüssigkeit, nämlich Terpentinöl nahm. Eine Glasschale wurde mit einer dünnen Schicht Schellack überzogen (1272), und nachdem sie wohl isolirend befunden, höchst rectificirtes Terpentinöl zu einer Höhe von einem halben Zoll in dieselbe gegossen. Dann setzte man sie auf die messingene Halbkugel (Fig. 11), und stellte die Beobachtungen mit der Tragekugel wie zuvor an (1224). Die Resultate waren dieselben, und es machte keinen merklichen Unterschied, ob die Kugel bei einigen Lagen in oder ausser der Flüssigkeit war.

1228. Zuletzt wandte ich einige starre di-elektrische Media zu demselben Zweck an, und mit demselben Erfolg. Es waren Schellack, Schwefel, geschmolzenes und ausgegossenes borsaures Blei, Flintglas, wohl überzogen mit einer Lackschicht, und Wallrath. Wie mit allen diesen Substanzen verfahren wurde, mag folgender Versuch mit Schwefel zeigen. Aus diesem goss man eine quadratische Platte von zwei Zoll Seite und 0,6 Zoll Dicke, in der Mitte mit einer kleinen Vertiefung zur Aufnahme der Tragekugel, diese Platte legte man auf die,

wie früher, auf der erregten Schellackstange ruhende Metallhalbkugel (Fig. 12) und stellte die Versuche in *n*, *o*, *p* und *q* an. Mit grosser Sorgfalt wurde bei diesen Versuchen der Schwefel oder die andere starre Substanz von jeder etwa vorherigen Ladung befreit, nämlich durch Behauchen und Abwischen (1203). Nachdem sie von aller elektrischen Erregung frei befunden worden, wurde sie zum Versuch angewandt, dann fortgenommen und abermals untersucht, um zu ermitteln, ob sie eine Ladung erhalten habe; allein sie hatte wirklich als ein di-elektrisches Mittel gewirkt. Bei allen diesen Vorsichtsmaassregeln waren die Resultate dieselben; und es war sehr befriedigend die krummlinige Vertheilung durch starre Substanzen zu erhalten, da jede mögliche Wirkung eine Verschiebung der geladenen Theilchen, welche einige Personen vielleicht bei Flüssigkeiten oder Gasen voraussetzen könnten, hier gänzlich beseitigt war.

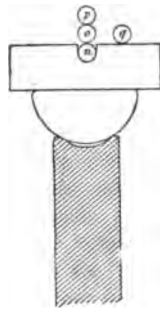


Fig. 12.

1229. Bei diesen Versuchen mit starren di-elektrischen Substanzen war der Grad der von der Tragekugel in den Lagen *n*, *o*, *p* (Fig. 12) angenommenen Ladungen entschieden grösser, als im Fall, bei denselben Lagen der Kugel, bloss Luft zwischen ihr und der metallnen Halbkugel vorhanden war. Diese Wirkung stimmt, wie späterhin gezeigt werden wird, überein mit den verschiedenen Vermögen dieser Körper, die Vertheilung durch ihre Masse hin zu erleichtern (1269, 1273, 1277).

1230. Ich könnte viele andere, theils alte, theils neue Erfahrungen für die Vertheilung in krummen Linien anführen, allein ich halte dies nach den vorhergehenden Resultaten für

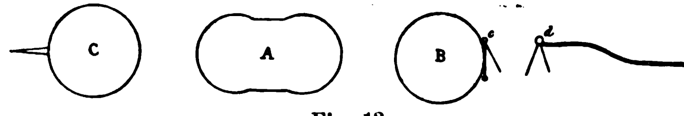


Fig. 13.

überflüssig, und will daher nur zwei erwähnen. Wird ein Conductor *A* (Fig. 13) elektrisirt, und eine nicht isolirte Metallkugel *B* oder selbst Metallplatte (nur keine mit zu dünnen Rändern) vor ihm gehalten, so giebt ein kleines nicht

isolirtes Elektrometer in *c* oder *d* Anzeigen von Elektricität, die in Bezug auf die von *A* entgegengesetzter Art, also durch Vertheilung bewirkt ist, obgleich die influencirende und der influencirte Körper durch die Luft hin nicht durch gerade Linien verbunden werden können. Wenn aber nach der Fortnahme der Elektrometer eine Spitze auf der Rückseite der Kugel, in nicht isolirtem Zustande, befestigt wird, wie bei *C*, so wird diese Spitze leuchtend, und entladet den Conductor *A*. Der letztere Versuch ist von *Nicholson* beschrieben, welcher aber falsche Schlüsse daraus gezogen hat*). Er wurde hier angeführt, weil, obgleich er ein Fall von Entladung ist, der Ladung eine Vertheilung vorherging, und diese Vertheilung in krummen Linien geschehen musste.

1231. Ich sehe nicht ab, wie man die vorstehenden Resultate als Argumente gegen die herkömmliche Theorie der Vertheilung und für die von mir aufgestellte von der Hand weisen könne. Die Wirkungen sind offenbar Vertheilungswirkungen, erzeugt nicht von strömender, sondern von statischer Elektricität, und diese Vertheilung wird ausgeübt in Linien (*lines of force*), die, obgleich sie in manchen Versuchen gerade sein mögen, hier nach den Umständen mehr oder weniger gekrümmt sind. Ich gebrauche den Ausdruck Linie der Vertheilungskraft hier nur als eine temporäre conventionelle Bezeichnungsweise der Richtung der Kraft bei Vertheilungen. In den Versuchen mit der Halbkugel (1224) ist es sonderbar zu sehen, wie, wenn gewisse Linien an der Unterfläche und dem Rande des Metalls geendigt haben, diejenigen, welche zuvor lateral zu ihnen waren, sich aus- und von einander breiten, indem einige sich herumbiegen und ihre Wirkung auf der oberen Fläche der Halbkugel endigen, während andere oben in ihrem Gange nach Aussen zusammentreffen und ihre Kräfte vereinigen, um der Tragekugel in einem grösseren Abstande von der Kraftquelle eine verstärkte Ladung zu geben, und so auf einander einwirken, dass sie eine zweite Biegung in entgegengesetzter Richtung mit der ersten veranlassen. Alles dies scheint mir zu beweisen, dass die ganze Wirkung eine zwischen anstossenden, mit einander verknüpften Theilchen ist, nicht blos in den Linien, welche sie, wie man annehmen kann, quer durch das isolirende Medium zwischen den vertheilenden und vertheilten Oberflächen bilden, sondern auch in Seiten-Richtungen. Es

*) *Encyclop. Britannica*, Vol. IV p. 504.

ist dies, was die Wirkung gleichsam zu einer Seiten-Abstossung oder Ausbreitung in den besprochenen Kraftlinien macht, und die Vertheilung befähigt um die Ecke zu gehen (1304). Die Kraft ist nicht gleich der Schwerkraft, welche die Theilchen durch gerade Linien verknüpft, was für Theilchen auch zwischen ihnen liegen mögen, sondern hat mehr Analogie mit der einer Reihe von Magnetnadeln oder dem Zustande der Theilchen, die, wie man annimmt, das Ganze eines geraden oder krummen Magnets bilden. Wie ich auch die Sache ansehen mag, und mit welchem Argwohn auf den Einfluss von Lieblings-Meinungen auf mich selbst, so kann ich doch nicht begreifen, wie die gewöhnliche Theorie der Vertheilung eine richtige Vorstellung von dem grossen Naturprincipe der elektrischen Wirkung sein könne.

1232. Bei Beschreibung der zum Gebrauch des Vertheilungs-Apparats nöthigen Vorsichtsmaassregeln habe ich Gelegenheit gehabt auf eine zu verweisen, die auf Vertheilung in krummen Linien beruht (1203); und nach den schon beschriebenen Versuchen wird man leicht einsehen, welch grossen Einfluss die Schellackstange auf die Ladung der Tragekugel ausüben kann, wenn sie ohne diese Vorsicht an den Apparat (1218) angelegt wird.

1233. Ich halte es für dienlich zunächst einige noch nicht anticipirte Vertheilungs-Effecte zu beschreiben, die mit Körpern, wie Glas, Schwefel u. s. w. erhalten wurden. Richtig verstanden, lehren sie uns gewisse Vorsichtsmaassregeln, die bei Untersuchung der grossen Frage über das specifische Vertheilungsvermögen nothwendig sind.

1234. In einen der schon beschriebenen Vertheilungs-Apparate (1187) wurde eine halbkugelförmige Schale von Schellack gelegt, die den Zwischenraum zwischen der inneren Kugel und der unteren Halbkugel beinahe ausfüllte. Wenn also der Apparat geladen worden, so war der Schellack das di-elektrische oder isolirende Medium, durch welches hin die Vertheilung in diesem Theile stattfand. Wenn der Apparat zuerst mit Elektricität (1198) bis zu einer gewissen Intensität, z. B. 400°, des *Coulomb*'schen Elektrometers (1180), geladen wurde, so sank er weit schneller von diesem Grade herab, als er von einem höheren Grade der Ladung auf 400°, oder von einer abermaligen Ladung von 400° weiter herabgesunken sein würde; wenn auch alle übrigen Umstände gleich blieben. Wenn er ferner, nachdem er eine Zeit lang, z. B. 15 bis

20 Minuten, geladen worden, plötzlich und vollkommen entladen, und selbst der Stange alle Elektricität entzogen wurde (1203), so nahm er doch, sich selbst überlassen, allmälig wiederum eine Ladung an, die nach neun oder zehn Minuten auf 50° oder 60°, einmal sogar auf 80° stieg.

1235. Die Elektricität, welche in diesen Fällen aus einem scheinbar latenten Zustand in einen sensiblen zurückkehrte, war immer von gleicher Art wie die durch die Ladung ertheilte. Die Rückkehr fand an beiden vertheilenden Oberflächen statt. Denn wenn der Apparat, nach seiner vollständigen Entladung, isolirt ward, nahm die äussere Kugel negative Elektricität an, so wie die innere wieder positiv wurde.

1236. Dieser Vorgang unterschied sich zugleich von dem, welchen die geriebene Stange durch Wirkung in krummen Vertheilungslinien (1203, 1232) ausübte, durch den Umstand, dass alle wiedergekehrte Elektricität vollkommen und augenblicklich entladen werden konnte. Er schien von dem inneren Schellack abzuhängen, und einigermaassen herzurühren von Elektricität, die, in Folge eines früheren Zustandes, in den der Lack durch die Ladung der metallischen Belege oder Kugeln versetzt worden, aus diesem entwickelt wurde.

1237. Um diesen Zustand genauer zu untersuchen, wurde der Apparat, versehen mit seiner halbkugeligen Schellackschale, etwa 45 Minuten lang bis über 600° mit positiver Elektricität an den Kugeln h und B geladen (Fig. 5). Dann wurde er entladen, geöffnet, die Schellackschale herausgenommen und deren Zustand untersucht. Dies geschah, indem die Tragekugel nahe an die Schellackstange gebracht, ableitend berührt, isolirt, und nun auf ihre Ladung untersucht wurde. Da es nur eine Vertheilungsladung sein konnte, so musste die Elektricität der Kugel entgegengesetzter Art sein mit der an der Oberfläche des Schellacks, welcher die Ladung erzeugt hatte. Anfangs schien das Schellack ganz frei von jeder Ladung, allein allmälig nahmen seine beiden Oberflächen entgegengesetzte Elektricität an; die concave, an der inneren oder positiven Kugel gelegene Oberfläche zeigte positive Elektricität, und die convexe, mit der negativen Belegung in Berührung gewesene, die negative. Beide elektrischen Zustände nahmen eine Zeit lang an Intensität zu.

1238. Da die rückkehrende Wirkung offenbar sogleich nach der Entladung am grössten war, so setzte ich den Apparat wiederum zusammen, und lud ihn wie zuvor 15 Minuten lang,

die innere Kugel positiv. Ich entlud ihn dann, nahm sogleich die obere Halbkugel mit der inneren Kugel ab, und untersuchte die Schellackschale, sie in der unteren unisolirten Halbkugel lassend, auf ihrer inneren Oberfläche mit der Tragekugel wie zuvor (1237). Auf diese Weise fand ich die Oberfläche des Schellacks wirklich negativ oder im entgegengesetzten Zustand zu der vorhin in ihr gewesenen Kugel. Dieser Zustand verschwand aber rasch, und ihm folgte ein positiver, der eine Zeit lang an Intensität zunahm, in derselben Weise wie zuvor. Der erste negative Zustand der Oberfläche, entgegengesetzt der positiven ladenden Kugel, ist eine natürliche Folge des Zustandes der Dinge, da die ladende Kugel nur in wenigen Punkten mit dem Schellack in Berührung steht. Er widerstreitet nicht dem allgemeinen Resultat und dem jetzt betrachteten besonderen Zustand, vielmehr hilft er den endlichen Uebergang der Schellackflächen in einen elektrischen Zustand, ähnlich dem der anliegenden Metallflächen, in einer sehr hervorstechenden Weise erläutern.

1239. Ich untersuchte nun Glas rücksichtlich seiner Fähigkeit zur Annahme dieses besonderen Zustands. Ich hatte eine dicke hemisphärische Schale von Flintglas machen lassen, die in den Raum *o* der unteren Halbkugel (1188, 1189) passte; sie war erhitzt und mit einer alkoholischen Lösung von Schellack gefirnisst worden, um die Leitungsfähigkeit ihrer Oberfläche zu zerstören. Darauf, erwärmt, untersucht, fand ich, dass auch sie denselben Zustand annahm, doch, wie es schien, nicht in demselben Grade, indem die rückkehrende Wirkung in verschiedenen Fällen nur auf 6° bis 18° stieg.

1240. Wallrath, auf dieselbe Weise versucht, gab auffallende Resultate. Wenn die ursprüngliche Ladung 15 bis 20 Minuten lang auf ungefähr 500° gehalten worden, betrug die rückkehrende Ladung 95° bis 100°, und erreichte nach etwa 14 Minuten ihr Maximum. Auf eine nicht länger als 2 oder 3 Secunden fortgesetzte Ladung folgte eine rückkehrende Ladung von 50° bis 60°. Die früher (1234) gemachten Beobachtungen bestätigten sich bei dieser Substanz. Der Wallrath, obwohl eine schwache Ladung eine Zeit lang isolirend, ist ein besserer Leiter als Schellack, Glas und Schwefel, und seine Leitungsfähigkeit ist verknüpft mit einer Leichtigkeit, den hier betrachteten besonderen Effect zu äussern.

1241. Schwefel. Ich war begierig, den Betrag des Effectes dieser Substanz kennen zu lernen, erstlich, weil sie

ein vortrefflicher Isolator ist, und in dieser Beziehung den Zusammenhang des Effects mit dem Leitungsvermögen eines di-elektrischen Mediums (1247) darthun würde, und dann, um für die Erforschung der Frage über das specifische Vertheilungsvermögen (1277), den Körper zu erhalten, welcher den nun betrachteten Effect im schwächsten Grade zeige.

1242. Mit einer guten halbkugelförmigen Schale von gegossenem und rissefreiem (*sound*) Schwefel erhielt ich die Rückladung znm Betrage von 17° bis 18°. Glas und Schwefel, welche durch ihre Masse hin (*bodily*) schlechte Elektricitätsleiter oder wirklich fast vollkommene Isolatoren sind, gaben demnach nur eine sehr kleine Rückladung.

1243. Denselben Versuch wiederholte ich blos mit Luft in dem Vertheilungs-Apparat. Nachdem er einige Zeit hindurch stark geladen worden, konnte ich eine schwache Rückwirkung erhalten, die aber, wie sich zuletzt auswies, vom Schellack der Stange herrührte.

1244. Ich suchte Etwas diesem Zustande Aehnliches mit Einer elektrischen Kraft und ohne Vertheilung hervorzubringen; dies schien nach der Theorie von einer oder zwei elektrischen Flüssigkeiten nicht unmöglich, und dann würde ich eine absolute Ladung (1169, 1177) oder etwas Aehnliches erhalten haben. Allein es misslang. Ich erregte die Aussenseite eines Schellackcylinders eine Zeit lang sehr stark, entlud ihn darauf rasch (1203), und wartete nun, ob eine Rückladung erscheinen würde; allein vergebens. Dies ist eine zweite Thatsache zu Gunsten der Untrennbarkeit beider elektrischen Kräfte, und ein zweites Argument für die Ansicht, dass die Vertheilung, mit den sie begleitenden Erscheinungen, auf einer Polarität der Körpertheilchen beruht.

1245. Obgleich anfangs geneigt diese Erscheinungen auf einen besonderen versteckten Zustand einer gewissen Portion der Kräfte zu beziehen, so glaube ich doch sie seitdem richtig auf bekannte Principien der elektrischen Action zurückgeführt zu haben. Die Rückladungen scheinen herzurühren von einem wirklichen Eindringen der Ladung in das di-elektrische Medium bis zu einer gewissen Tiefe an beiden Seiten desselben, vermöge dessen, was wir Leitung nennen; so dass, um die gewöhnliche Sprache zu reden, die die Vertheilung unterhaltenden elektrischen Kräfte nicht blos auf den metallischen Oberflächen verweilen, sondern auf und in dem di-elektrischen Medium, bis zu einer grösseren oder geringeren Tiefe von den metallenen

Belegen ab. Sei Fig. 14 der Durchschnitt einer Platte von irgend einem di-elektrischen Stoff, *a* und *b* die metallenen Belege; *b* sei unisolirt und *a* positiv geladen. Werden *a* und *b* entladen, isolirt und sogleich untersucht, so wird keine Elektricität auf ihnen gefunden. Allein nach kurzer Zeit, nach 10 bis 15 Minuten, erweisen sie sich bei abermaliger Untersuchung wieder geladen, in derselben Weise wie zuvor, aber nicht in demselben Grade. Gesetzt nun die positive Kraft sei, unter dem zwingenden Einfluss aller betreffenden Kräfte, in das di-elektrische Medium eingedrungen und habe auf der Linie *p* Platz genommen; eine entsprechende Portion der negativen Kraft wird dann ihre Stellung auf der Linie *n* nehmen, so dass in der That das di-elektrische Mittel an diesen beiden Stellen positiv und negativ geladen worden ist. Dann ist klar,

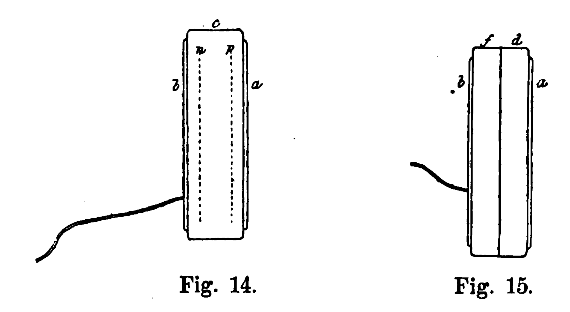


Fig. 14. Fig. 15.

dass die Vertheilung (Induction) dieser beiden Kräfte jetzt, da sie durch den kleinen Abstand *np* getrennt sind, grösser gegen einander und geringer nach aussen sein wird, als damals, wo sie in der grösseren Entfernung *ab* waren. Werden nun *a* und *b* entladen, so ist alle äussere Vertheilung zerstört oder neutralisirt, und die Belege werden daher durch die Tragekugel unelektrisirt befunden; allein die Entladung hat auch fast die gesammten Kräfte, durch welche die elektrische Ladung in das di-elektrische Mittel getrieben ward, fortgenommen, und obgleich ein Theil wahrscheinlich vorwärts geht, und in dem, was wir Entladung nennen, endigt, so kehrt doch ein grösserer Theil zu den Oberflächen von *c* zurück, folglich zu den Leitern *a* und *b*, die demnach eine Rückladung erhalten.

1246. Folgendes ist der Versuch, der mir die Richtigkeit dieser Ansicht bezeugt. Zwei Platten von Wallrath, *d* und *f*, Fig. 15, wurden zusammengelegt zur Bildung des di-elektrischen

Mittels; *a* und *b* waren die metallischen Belege dieser zusammengesetzten Platte. Das System wurde geladen, dann entladen, unisolirt und geprüft; es gab der Tragekugel keine Anzeigen von Elektricität. Darauf wurden die Platten *d* und *f* von einander getrennt; augenblicklich zeigten sich *a* nebst *d* in dem positiven Zustand, und *b* nebst *f* in dem negativen; fast alle Elektricität befand sich in den Belegen *a* und *b*. Hieraus ist klar, dass von den gesuchten Kräften die positive in der einen Hälfte der zusammengesetzten Platte, und die negative in der andern Hälfte war; denn als sie (*bodily*) mit den Platten aus ihrem gegenseitigen Vertheilungs-Einfluss entfernt wurden, erschienen sie an getrennten Orten, und nahmen daher ihre Kraft, durch Vertheilung auf die Elektricität umgebender Körper zu wirken, nothwendig wieder an. Hätte der Effect blos auf einer eigenthümlichen Relation der angrenzenden Körpertheilchen beruht, so würde jede Plattenhälfte, *d* und *f*, positive Kraft an der einen Oberfläche, und negative an der anderen gezeigt haben.

1247. Es erhellt demnach, dass die besten starren Isolatoren, wie Schellack, Glas und Schwefel, in dem Grade leitend sind, dass die Elektricität in ihre Masse eindringen kann, doch immer unter dem überwältigenden Einfluss des Vertheilungszustandes (1178). Anlangend die Tiefe, bis zu welcher die Kräfte in dieser Form von Ladung der Theilchen eindringen, so sollte sie, theoretisch genommen, sich durch die ganze Masse erstrecken; denn so wie die Ladung des Metalls auf das nächste Stück des di-elektrischen Mediums wirkt, so müsste das geladene Stück des di-elektrischen Mittels auf das nächst folgende wirken; allein wahrscheinlich wird sich in den besten Isolatoren die freie Ladung nur bis zu einer sehr kleinen Tiefe erstrecken; denn sonst würde sie, bei Unterhaltung der ursprünglichen Ladung, in dem ersten Augenblick verschwinden, weniger Zeit würde zur Annahme des besonderen Zustandes erforderlich sein, und mehr Elektricität als Rückladung wieder erscheinen.

1248. Der Umstand, dass Zeit zum Eindringen der Ladung erfordert wird, ist wichtig, sowohl hinsichtlich der allgemeinen Beziehung dieser Fälle auf Leitung, als für die Beseitigung eines Einwurfs, den man sonst mit Fug gegen gewisse, weiterhin (1269, 1277) aufgeführte Resultate über specifische Vertheilungs-Fähigkeiten erheben könnte.

1249. Dass das Glas zwischen den Belegen der Leidner

Flasche zur Annahme dieses Zustandes Zeit gebraucht, giebt Anlass zu der bekannten Erscheinung, welche gewöhnlich durch eine Verbreitung der Elektricität über den unbelegten Theil des Glases erklärt wird, nämlich der rückständigen Ladung. Der Betrag der Ladung, welche eine grosse Batterie, nach vollkommener Un-Isolation beider Oberflächen, freiwillig wieder annehmen kann, ist sehr bedeutend, und bei weitem der grösste Theil derselben rührt her von der Rückkehr der Elektricität in der beschriebenen Weise. Eine Platte von Schellack, sechs Quadratzoll gross und einen halben Zoll dick, oder eine ähnliche Platte von Schellack, einen Zoll dick, bekleidet an beiden Seiten mit Zinnfolie wie eine Leidner Flasche, zeigt diese Erscheinung ungemein gut.

1250. Der eben beschriebene besondere Zustand der dielektrischen Körper vermag offenbar eine Wirkung hervorzubringen, welche mit den Resultaten und Schlüssen aus dem Gebrauche zweier Vertheilungs-Apparate, wenn in einem oder beiden Schellack, Glas u. s. w. angewandt wird (1192, 1207), in Widerspruch steht. Denn nach Theilung der Ladung in solchen Fällen gemäss der beschriebenen Methode (1198, 1207) ist klar, dass der eine, welcher eben die halbe Ladung empfangen hat, schneller in seiner Spannung fallen muss als der andere. Denn gesetzt, Apparat I sei zuerst geladen, und Apparat II theile die Ladung mit ihm. Wenn auch beide wirklich gleich viel verlieren, so wird doch Apparat I, welcher die eine Hälfte abgegeben hat, durch einen gewissen Grad von Rückladung (1234) in seiner Spannung erhalten werden, während Apparat II desto rascher durch das Anrücken des besonderen Zustandes herabsinkt. Ich habe mich bemüht diese Störung dadurch zu vermeiden, dass ich den ganzen Process des Vergleichs so schnell wie möglich vollzog und die Kraft des Apparats II sogleich nach der Theilung bestimmte, ehe aus der Annahme des besonderen Zustandes eine merkliche Verringerung der Spannung entspringen konnte. Da zwischen der ersten Ladung des Apparats I und der Theilung, und eben so zwischen der Theilung und der Entladung, als die Kraft der nicht übertragbaren Elektricität gemessen ward, ungefähr drei Minuten verstrichen, so habe ich angenommen, dass die entgegengesetzten Tendenzen in diesen Perioden den Apparat während der letzten Periode in einem ziemlich constanten und gleichförmigen Zustand erhalten hatten.

1251. Die beschriebene eigenthümliche Wirkung findet statt

sowohl am Schellack der Stange als an der in dem Apparat angewandten di-elektrischen Substanz. Sie ist daher eine Ursache, weshalb die Aussenseite der Stange, unabhängig von der Wirkung von Staub und schwebenden Theilchen (1203), bei einigen Operationen mit Elektricität geladen wird.

5. Specifische Vertheilung oder specifisches Vertheilungsvermögen.

1252. Ich beginne nun, die grosse Frage über das specifische Vertheilungsvermögen zu untersuchen, nämlich zu untersuchen, ob die verschiedenen di-elektrischen Körper wirklich einen Einfluss auf den Grad der durch sie hin stattfindenden Vertheilung ausüben. Wäre es der Fall, so schien mir dies nicht nur höchst wichtig für das weitere Verständniss der Gesetze und Resultate der Vertheilung, sondern auch ein abermaliges und sehr kräftiges Argument für die von mir aufgestellte Theorie, dass das Ganze auf einer Molecular-Action beruhe, nicht auf einer in merkliche Ferne.

Die Frage kann so gestellt werden: Gesetzt *A* sei eine elektrisirte Platte, aufgehängt in der Luft, *B* und *C* seien zwei ganz ähnliche Platten, zu beiden Seiten von *A*, in gleichen Abständen, parallel mit derselben, unisolirt angebracht. *A* wirkt dann gleich stark vertheilend auf *B* und *C*. Wenn nun bei dieser Stellung der Platten irgend ein anderes di-elektrisches Mittel als Luft, z. B. Schellack, zwischen *A* und *C* gebracht wird, wird dann die Vertheilung zwischen ihnen noch dieselbe bleiben? Wird dann das Verhalten von *C* und *B* zu *A*, trotz der Verschiedenheit der zwischen sie eingeschalteten di-elektrischen Stoffe, ungeändert sein?

1253. So weit ich mich erinnere, ist angenommen, dass eine solche Variation der Umstände keine Aenderung bewirke, und das Verhalten von *B* und *C* zu *A* gänzlich von den Abständen derselben abhänge. Ich entsinne mich nur einer experimentellen Erläuterung dieser Frage, und das ist die von *Coulomb* *), in der er zeigt, dass ein Draht, von Schellack umgeben, genau dieselbe Elektricitätsmenge aus einem geladenen Körper zog, als von Luft umgeben. Der Versuch war mir kein Beweis von der Richtigkeit der Annahme. Denn es sind nicht blos die den geladenen Körper umgebenden

*) *Mémoires de l'Acad.* 1787, p. 452, 453.

Schichten der di-elektrischen Substanzen, welche man zu untersuchen und vergleichen hat, sondern die Gesammtmasse zwischen jenem Körper und den umgebenden Leitern, woran die Vertheilung endet. Ladung beruht auf Vertheilung (1171, 1178); und wenn die Vertheilung den Theilchen des umgebenden di-elektrischen Mittels angehört, so gehört sie allen Theilen dieses von den umgebenden Leitern eingeschlossenen Mittels an, nicht bloss den wenigen in nächster Umgebung des geladenen Körpers. Mochte nun der von mir gesuchte Unterschied existiren oder nicht, so fand ich doch bald Grund zum Zweifel an dem Schluss, der aus *Coulomb*'s Resultat gezogen werden könnte; und deshalb verfertigte ich den Apparat, welcher, nebst seinem Gebrauch, bereits beschrieben worden ist (1187 u. s. w.), und mir für die Untersuchung der Aufgabe wohl geeignet zu sein scheint.

1254. Glas und viele andere Körper, welche auf den ersten Blick als sehr geeignet für die Prüfung dieses Satzes erscheinen könnten, erwiesen sich für diesen Zweck ausserordentlich unpassend. Das Glas, wie gut erwärmt und getrocknet es auch sein mag, ist, hauptsächlich wegen seines Alkali-Gehalts, auf seiner Oberfläche in gewissem Grade leitend, vermöge der Feuchtigkeit der Atmosphäre, und dies macht dasselbe zu einem Probeversuch untauglich. Harz, Wachs, Steinöl, Terpentinöl und viele andere Substanzen mussten auch wegen eines geringen Grades von Leitvermögen verworfen werden. Endlich wurden Schellack und Schwefel gewählt, und diese zeigten sich, nach vielen Versuchen, als die am besten für diese Untersuchung tauglichen di-elektrischen Mittel. Es kann nicht schwer halten einzusehen, wie ein Körper, durch den Besitz eines schwachen Grades von Leitungsfähigkeit, Wirkungen hervorzubringen vermag, die anzudeuten scheinen könnten, er habe eine grössere Fähigkeit, eine Vertheilung durch sich hin zu gestatten, als ein anderer vollkommen isolirender Körper. Diese Fehlerquelle war die einzige, welche zu vermeiden ich bei den Probeversuchen sehr schwierig fand.

1255. Vertheilung durch Schellack hin. Als einen vorläufigen Versuch ermittelte ich zuerst, dass überhaupt, wenn ein Theil der Oberfläche einer dicken Schellackplatte erregt oder geladen ward, kein merklicher Unterschied in dem Charakter der von diesem geladenen Theil unterhaltenen Vertheilung vorhanden war, diese Vertheilung mochte durch Luft

hin in der einen Richtung, oder durch die Schellackplatte hin in der andern ausgeübt werden; sobald die zweite Oberfläche der Platte nur nicht durch Berührung mit Leitern, durch Wirkung von Staub oder auf andere Weise geladen worden war (1203). Vermöge ihrer Starrheit hielt sie die erregten Theilchen in einer permanenten Lage; aber das schien auch Alles zu sein. Denn diese Theilchen wirkten auf der einen Seite just so frei durch den Schellack hin, als auf der anderen durch die Luft. Denselben allgemeinen Versuch machte ich, indem ich eine Scheibe Zinnfolie an einer Seite der Schellackplatte befestigte und darauf elektrisirte. Die Resultate waren dieselben. Schwerlich wird irgend eine andere Substanz als Schellack und Schwefel, noch irgend eine andere Flüssigkeit, die ich untersucht habe, diese Prüfung ertragen. Glas in seinem gewöhnlichen Zustand taugt nichts; doch war es wesentlich nothwendig, diesen ersten Grad von Vollkommenheit in den angewandten di-elektrischen Mitteln zu erlangen, bevor ein weiterer Fortschritt in der Hauptuntersuchung gemacht werden konnte.

1256. Schellack und Luft wurden zunächst verglichen. — Zu dem Ende wurde eine dicke, halbkugelförmige Schale von Schellack in die untere Halbkugel eines der Vertheilungs-Apparate gelegt (1187), so dass sie den unteren Theil des Zwischenraumes *oo*, Fig. 5, beinahe ausfüllte. Dann geladen und getheilt, nach der schon beschriebenen Weise (1198, 1207), wurde der zweite Apparat zum Empfange der ersten Ladung vor der Theilung mit dem andern angewandt. Da man wusste, dass die Apparate, wenn beide Luft enthielten, gleiches Vertheilungsvermögen besassen (1209, 1211), so musste jeder durch die Einführung des Schellacks entspringende Unterschied eine besondere Wirkung in diesem anzeigen, und wenn er unzweideutig auf einen specifischen Vertheilungs-Einfluss zu beziehen war, den gesuchten Punkt feststellen. Die zur Anstellung der Versuche nöthigen Vorsichtsmaassregeln habe ich bereits angeführt (1199 u. s. w.), und was den Fehler betraf, der aus der Annahme des besonderen Zustandes entspringen konnte, so schützte ich mich bestmöglich gegen denselben, indem ich zuvörderst schnell operirte (1248), und späterhin, indem ich von Glas oder Schwefel, einem di-elektrischen Mittel, welches den besonderen Zustand sehr langsam und im schwächsten Grade annimmt (1239, 1241), Gebrauch machte.

1257. Die Schellack-Halbkugel wurde in Apparat I

gebracht und Apparat II mit Luft erfüllt gelassen. Die Resultate eines Versuchs, in welchem die Ladung durch Luft hin mit dem Schellack-Apparat getheilt wurde, waren folgende:

Apparat I Schellack.		Apparat II Luft.
	Kugeln 255°	
0°	. . . .	
	. . . .	304°
	. . . .	297
	Ladung getheilt	
113°	. . . .	
	. . . .	121°
0	. . . .	nach Entlad.
	. . . .	7 dito dito.

1258. Hier können 297° — 7° oder 290° als die theilbare Ladung des Apparats II angesehen werden (indem die 7° die constante Wirkung der Schellackstange (1203, 1232)), wovon 145° die Hälfte ist. Der Schellack-Apparat gab 113° als die nach der Theilung erlangte Kraft oder Spannung. Der Luft-Apparat II gab 121° — 7° oder 114° als das, was er von der theilbaren Ladung von 290° behielt. Diese beiden Zahlen sollten gleich sein, und sie sind es auch sehr nahe, bis weit innerhalb der Beobachtungsfehler. Allein diese Zahlen weichen sehr ab von 145° oder von der Kraft, welche die halbe Ladung gehabt haben würde, hätte der Apparat I, statt Schellack, Luft enthalten; und es erhellt, dass, während bei der Theilung die Vertheilung durch die Luft hin 176° an Kraft verlor, die durch Schellack hin nur 113° gewann.

1259. Nimmt man an, dieser Unterschied hänge gänzlich davon ab, dass der Schellack die vertheilende Wirkung durch seine Masse mit grösserer Leichtigkeit gestatte oder veranlasse als die Luft durch die ihrige, so würde diese Fähigkeit für elektrische Vertheilung sich umgekehrt verhalten wie respective der eben angeführte Gewinn und Verlust, und, die Fähigkeit des Luft-Apparats als Eins angenommen, würde die des Schellack-Apparats $^{176}/_{113}$ oder 1,55 sein.

1260. Dieser ausserordentliche Unterschied war in seinem Betrage so unerwartet, dass er den grössten Verdacht auf die Genauigkeit des Versuches werfen musste, wiewohl die vollständige Entladung des Apparats I nach der Theilung zeigte, dass die 113° leicht aufgenommen und abgegeben wurden. Einleuchtend war, dass er, wenn er wirklich existirte,

entsprechende Wirkungen in umgekehrter Ordnung erzeugen musste, dass, wenn eine Vertheilung durch Schellack in eine durch Luft hin verwandelt würde, die Kraft oder Spannung des Ganzen **wachsen** müsste. Der Apparat I wurde daher zuerst geladen, und seine Kraft getheilt mit Apparat II. Folgendes waren die Resultate:

Apparat I Schellack.		Apparat II Luft.
	. . . .	0°
215°	. . . .	
204	. . . .	
Ladung getheilt		
	. . . .	118°
118°	. . . .	
	. . . .	0 nach Entlad.
0	. . . .	dito dito.

1261. Hier muss 204° das Höchste der theilbaren Ladung sein. Die Apparate I und II gaben 118° als ihre respectiven Kräfte, beide betragen also bedeutend mehr als die Hälfte der ersten Kraft oder als 102°, wogegen sie im vorhergehenden Fall geringer waren. Der Schellack-Apparat I hat nur 86° verloren, und doch hat er an den Luft-Apparat II 118° abgegeben, so dass also der Schellack um vieles die Luft übertrifft. Das Vertheilungsvermögen des Schellack-Apparats I zu dem des Luft-Apparats II ist wie 1,37 zu 1.

1262. Der Unterschied zwischen 1,55 und 1,37, den Ausdrücken für das Vertheilungsvermögen des Schellacks, scheint beträchtlich; allein er ist unter den stattfindenden Umständen wirklich sehr annehmbar, da beide Zahlen in **entgegengesetzten** Richtungen fehlerhaft sind. So fiel in dem letzten Versuch, während der Operationen mit dem Elektrometer und der zur Erlangung jener beiden Resultate erforderlichen Anlegungen der Tragekugel, durch die vereinten Effecte der Entweichung (*Dissipation*) und Absorption, die Ladung von 215° auf 204° (1192, 1250). Fast eine gleiche Zeit verstrich zwischen der Anlegung der Tragekugel, welche das Resultat 204° gab, und der Theilung zwischen den beiden Apparaten. Da der Kraftverlust allmälig abnimmt (1192), so wird, nimmt man ihn nur zu 6° an, die ganze übertragbare Ladung zur Zeit der Theilung auf 198° zurückkommen, statt 204. Dies verringert den Verlust des Schellacks von 86° auf 80°, und

erhöht das Vertheilungsvermögen desselben von 1,37 auf 1,47, das der Luft dabei gleich eins.

1263. Macht man dieselbe Berichtigung bei dem vorhergehenden Versuche, bei welchem die Luft zuerst geladen wurde, so ist das Resultat entgegengesetzter Art. Dann war keine Schellack-Halbkugel in dem Apparat, und deshalb musste der Verlust hauptsächlich aus Entweichung (*Dissipation*) und nicht aus Absorption entspringen; er musste also dem Unterschied der Zahlen 304° und 297° näher kommen, und, zu 6° angenommen, würde sich dann die theilbare Ladung auf 284° reduciren. In diesem Fall würde die Luft 170° verloren und nur 113° dem Schellack mitgetheilt haben, und das relative specifische Vertheilungsvermögen des Letzteren würde 1,50 sein, was nur wenig abweicht von 1,47, dem Resultat, welches der zweite Versuch, nach derselben Berichtigung, liefert.

1264. Nun wurde der Schellack aus dem Apparat genommen und in den Apparat II gelegt, und der Theilungsversuch wieder angestellt. Ich gebe die Resultate, weil ich glaube, dass die Wichtigkeit des Gegenstandes es rechtfertigt und sogar erfordert.

Apparat I Luft.	Apparat II Schellack.
Kugeln 200°	
. . . .	0°
286°	
283	
Ladung getheilt	
. . . .	110°
109°	
. . . .	0°,25 nach Entlad.
Spur	dito dito.

Hier behielt der Apparat I 109°, nachdem er 174° verloren, als er 110° dem Apparat II mittheilte. Das Vertheilungsvermögen des Luft-Apparats verhält sich also zu dem Lack-Apparat wie 1 : 1,58. Wird die getheilte Ladung nach einem angenommenen Verlust von 3°, als dem Betrage des früheren Verlustes in derselben Zeit, berichtigt, so ergiebt sich das Vermögen des Lack-Apparats nur zu 1,55.

1265. Nun wurde Apparat II geladen und die Ladung getheilt.

Apparat I Luft.	Apparat II Schellack.
0°	
	256°
	251
Ladung getheilt	
146°	
	149°
Wenig	Nach Entlad.
	Wenig. Nach Entlad.

Hier erlangte Apparat I eine Ladung von 146°, während Apparat II, bei Mittheilung dieses Kraftbetrages an I, nur 102° verlor. Die Vertheilungsfähigkeiten verhalten sich also wie 1 : 1,43. Berichtigt man die gesammte übertragbare Ladung wegen eines Verlustes von 4° vor der Theilung, so bekommt man 1,49 für die Fähigkeit des Schellack-Apparats.

1266. Die vier Werthe 1,47; 1,50; 1,55 und 1,49 für das Vertheilungsvermögen des Schellack-Apparats, obwohl durch verschiedene Abänderungen des Versuchs erhalten, kommen einander sehr nahe. Das Mittel hieraus kommt 1,50 sehr nahe, welche Zahl demnach für späterhin als der Ausdruck des Resultats gebraucht werden mag. Es ist ein sehr wichtiges Resultat: es ergiebt für das angewandte Stück Schellack eine entschiedene Ueberlegenheit über die Luft in Gestattung oder Veranlassung des Acts der Vertheilung; es erweist die wachsende Nothwendigkeit einer näheren und strengeren Untersuchung der ganzen Aufgabe.

1267. Der Schellack war von der besten Beschaffenheit, war sorgfältig ausgelesen und gesäubert worden. Allein da, wenn er leitende Theilchen enthalten hätte, seine Menge oder Dicke merklich verringert worden wäre, oder dieselben Erscheinungen entstanden wären, wie wenn man die vertheilenden Flächen der Leiter in dem Apparat einander näher gebracht hätte, als in dem blos mit Luft gefüllten, so verfertigte ich eine andere Halbkugel aus Schellack, der zuvor in Weingeist aufgelöst, und, nach Filtration der Lösung, durch Abdampfung wieder daraus abgeschieden worden. Dies ist keine leichte Operation, denn es hält schwer die letzten Portionen des Alkohol auszutreiben, ohne den Schellack durch die angewandte Hitze zu verletzen, und ehe jener nicht ausgetrieben ist, leitet der Schellack zu gut, als dass er zu diesen

Versuchen angewandt werden könnte. Ich verfertigte auf diese Weise zwei Halbkugeln; eine derselben war untadelhaft, und mit dieser wiederholte ich die früheren Versuche mit aller Vorsicht. Die Resultate waren genau von derselben Art. Folgendes waren die unmittelbar von den Versuchen gegebenen Werthe der Vertheilungsfähigkeit des Schellack-Apparats, es mochte Apparat I oder Apparat II angewandt sein; 1,46; 1,50; 1,52; 1,51. Der Mittelwerth aus diesen und mehren anderen ist nahe 1,5.

1268. Zuletzt brachte ich noch, in dem Luft-Apparat, die vertheilenden Flächen, an der dem Schellack in seinem Apparat entsprechenden Stelle, näher zusammen, indem ich in die untere Halbkugel des kein Schellack enthaltenden Apparats (1213), ein metallisches Futter legte. Der Abstand der Metallfläche von der Tragekugel war dadurch von 0,62 auf 0,435 Zoll verringert, während in dem anderen Apparat der vom Schellack eingenommene Zwischenraum 0,62 blieb wie zuvor. Trotz dieser Abänderung zeigte der Schellack-Apparat seine frühere Ueberlegenheit, und es mochte er oder der Luft-Apparat zuerst geladen sein, so verhielt sich doch die Vertheilungsfähigkeit des ersteren zu letzteren wie 1,45 : 1.

1269. Aus allen von mir gemachten Versuchen und deren constanten Resultaten kann ich nicht anders als den Schluss ziehen, dass das *Schellack* ein *specifisches Vertheilungsvermögen* besitzt. Ich habe mich bemüht, die Versuche auf jede Weise zu controliren, und jede Fehlerquelle, wenn auch nicht zu entfernen, doch wenigstens abzuschätzen. Dass das Endresultat nicht von gemeiner Leitung herrührt, ergiebt sich aus der Fähigkeit des Apparats, die Ladung zu behalten; dass es nicht entspringt aus dem Leitungsvermögen eingeschlossener Theilchen, die dadurch, als Leiter, einen polarisirten Zustand hätten annehmen können, zeigen die Wirkungen des durch Alkohol gereinigten Schellacks; und dass es nicht herrührt von dem früher (1250) beschriebenen Ladungszustand, einer anfänglichen Absorption und nachherigen Entwicklung von Elektricität, folgt aus der *instantanen* Ladung und Entladung der in den Phänomenen begriffenen Portionen, indem die Wirkung in diesen Fällen so geschieht, wie in allen anderen der gewöhnlichen Vertheilung durch geladene Conductoren. Das letztere Argument ist besonders schlagend in dem Fall, wo der Luft-Apparat zur Theilung der Ladung mit dem Schellack-Apparat angewandt wird, denn er bekommt seine

Portion Elektricität in einem **Moment**, und doch ist er weit über dem **Mittel** geladen.

1270. Angenommen für jetzt, die gesuchte allgemeine Thatsache sei erwiesen, so ist doch 1,5, obwohl es das Vermögen des die Schellack-Halbkugel enthaltenden Apparats ausdrückt, keineswegs der Ausdruck des Verhältnisses des Schellacks zur Luft. Denn das Schellack nimmt in seinem Apparat nur die Hälfte des Raumes *o o* ein, durch welchen hin die Vertheilung unterhalten wird; der Rest ist mit Luft gefüllt wie in dem anderen Apparat. Wird die Wirkung der beiden oberen Hälften der Kugeln abgezogen, dann ergiebt sich das Verhältniss der Schellack-Kräfte in der unteren Hälfte der einen Kugel zu der Luft-Kraft in der Unterhälfte der andern, wie 2 : 1. Und selbst dies muss noch unter der Wahrheit liegen; denn die Vertheilung des oberen Theils des Apparats, d. h. des Drahts und der Kugel *B* (Fig. 5) gegen die äusseren Gegenstände muss in beiden (Apparaten) dieselbe sein, und den Unterschied, der vom Einfluss des inwendigen Schellacks abhängt und wirklich von ihm erzeugt wird, bedeutend verringern.

1271. **Glas.** — Das Glas schliesst die Möglichkeit einer Leitung auf seiner Oberfläche ein; aber es erlaubt nicht die Vorstellung von leitenden, nicht zu seiner Masse gehörenden Theilchen in seinem Innern (1267). Ueberdies nimmt es den Ladungszustand (1239) nicht so leicht oder nicht in dem Grade an wie das Schellack.

1272. Eine dünne, halbkugelförmige Schale von Glas wurde erwärmt, mit einem Ueberzuge von in Alkohol gelöstem Schellack bekleidet, dann mehre Stunden an einem heissen Ort getrocknet, in den Apparat gebracht und zum Versuch verwandt. Sie gab so schwache Wirkungen, dass sie, obwohl eine Ueberlegenheit des Glases über die Luft andeutend, doch als Beobachtungsfehler gelten konnten. Das Glas wurde daher als nicht merklich wirkend angesehen.

1273. Nun verschaffte ich mir eine dicke, halbkugelförmige Schale von Flintglas, die der von Schellack (1239) ähnlich war, doch aber den Raum *o o* nicht so gut ausfüllte. Ihre Dicke betrug im Mittel 0,4 Zoll, so dass zur Ausfüllung des 0,62 Zoll betragenden Zwischenraums zwischen den vertheilenden Metallflächen noch eine Luftdicke von 0,22 Zoll übrig blieb. Sie wurde, nach Bekleidung mit einer Schellack-Schicht (1272), wie die frühere erwärmt, in den ebenfalls

erwärmten Apparat gebracht, und mit ihr wie in den früheren Beispielen (1257 u. s. w.) verfahren. Im Allgemeinen war das Resultat dasselbe wie bei Schellack, d. h. das Glas übertraf die Luft in dem Vermögen, eine Vertheilung durch sich hin zu gestatten. Die beiden besten Resultate, in Bezug auf den Zustand des Apparats zur Festhaltung der Ladung u. s. w., gaben, wenn der Luft-Apparat zuerst geladen wurde, 1,336, und, wenn der Glas-Apparat zuerst die Ladung empfing, 1,45 für das specifische Vertheilungsvermögen des Glases, beides ohne alle Berichtigung. Die Mittelzahl aus neun Versuchen, vier mit dem Glas-Apparat zuerst geladen, und fünf mit dem Luft-Apparat zuerst geladen, gab 1,38 für die Kraft des Glas-Apparats; 1,22 und 1,46 waren die kleinsten und grössten Zahlen, behaftet mit allen Beobachtungsfehlern. Bei allen Versuchen nahm der Glas-Apparat seine Vertheilungsladung augenblicklich an, und gab sie auch eben so leicht ab. Während der kurzen Zeit eines jeden Versuchs erlangte er den besonderen Zustand nur in so geringem Grade, dass der Einfluss dieses Zustandes und der Leitung auf die Resultate nur klein gewesen sein konnte.

1274. Zugegeben, dass das specifische Vertheilungsvermögen erwiesen und in diesem Falle thätig gewesen, auch 1,38 der Ausdruck für den Glas-Apparat sei, wird das specifische Vertheilungsvermögen des Flintglases über 1,76 sein, nicht zu vergessen dabei, dass dieser Ausdruck für ein Stück Glas von solcher Dicke gilt, dass es den Raum, durch welchen hin die Vertheilung geschieht, zu zwei Dritteln ausfüllt (1273, 1253).

1275. Schwefel. — Die früher (1242) erwähnte Halbkugel von Schwefel wurde jetzt im Apparat II angewandt. Die Versuche waren gut angestellt, d. h. der Schwefel selbst war frei von Ladung, sowohl vor als nach jedem Versuch, und keine Wirkung seitens der Stange war sichtbar (1203, 1232), so dass dieserwegen keine Berichtigung erforderlich war. Folgendes waren die Resultate, wenn der Luft-Apparat zuerst geladen und getheilt wurde:

Apparat I Luft.		Apparat II Schwefel.
	Kugel 280°	
0°	. . . .	
	. . . .	0°
438	. . . .	
434	. . . .	

Apparat I Luft.	Apparat II Schwefel.	
Ladung getheilt		
	162°	
164°		
	160	
162		
	0	nach Entlad.
0		dito dito.

Hier behielt Apparat I 164°, nachdem er 270° verloren hatte, um Apparat II 162° mitzutheilen. Das Vermögen des Luft-Apparats zu dem des Schwefel-Apparats ist also wie 1 : 1,66.

1276. Nun wurde der Schwefel-Apparat zuerst geladen:

	0°	
0°		
	395	
	388	
Ladung getheilt		
237°		
	238°	
0		Nach Entlad.
	0	dito dito.

Hier behielt Apparat II 238°, und verlor 150°, indem er Apparat I eine Ladung von 237° mittheilte. Das Vermögen des Luft-Apparats zu dem des Schwefel-Apparats ist also wie 1 : 1,58. Diese Resultate kommen einander sehr nahe: wir können daher das Mittel 1,62 als Ausdruck für das specifische Vertheilungsvermögen des Schwefel-Apparats betrachten. In diesem Fall wird das specifische Vertheilungsvermögen des Schwefels selbst, verglichen mit dem der Luft = 1 (1270) beinahe oder etwas über 2,24 sein.

1277. Dies Resultat mit Schwefel halte ich für eins der untadelhaftesten. Der Schwefel war, im geschmolzenen Zustand, durchsichtig und frei von Schmutztheilchen (1267), so dass keine Störung durch leitende Theilchen das Resultat unrichtig machen konnte. Im starren Zustand ist der Schwefel ein vortrefflicher Isolator, und er nahm, wie sich zeigte, jenen Zustand (1241, 1242), welcher allein im Stande zu sein schien, die Schlüsse zu stören, nur mit grosser Langsamkeit an.

Daher bedurften die Versuche durchaus keiner Berichtigung. Trotz aller dieser, für die Ausschliessung von Fehlern so günstigen Umstände lieferte doch der Versuch für den Schwefel ein grösseres specifisches Vertheilungsvermögen als für irgend einen anderen Körper; und wiewohl dies zum Theil davon herrühren mag, dass der Schwefel ein bessere Gestalt besass, d. h. den Raum *o o* (Fig. 5) vollständiger ausfüllte als die Schalen von Glas und Schellack, so halte ich es doch durch diese Versuche für vollkommen erwiesen, dass zwischen den di-elektrischen Mitteln, rücksichtlich ihres Vermögens, eine Vertheilung durch sich hin zu gestatten, eine Verschiedenheit da ist, eine Verschiedenheit, welche für jetzt durch die Benennung specifisches Vertheilungsvermögen ausgedrückt werden mag.

1278. Nachdem so der Punkt in den günstigsten Fällen, die ich voraussehen konnte, festgestellt war, schritt ich zur Untersuchung anderer Körper, starrer, flüssiger und gasiger. Die Resultate will ich nun in Kürze angeben.

1279. Wallrath. — Eine gute Halbkugel von Wallrath wurde, noch während sie in der zinnernen Form war, die zu ihrer Gestaltung benutzt worden, auf ihr Leitungsvermögen untersucht, und dabei, selbst im noch warmen Zustande, merkbar leitend gefunden. Nach Herausnahme aus der Form, in einem der Apparate angewandt, gab sie für den Apparat, der sie enthielt, ein specifisches Vertheilungsvermögen von 1,3 bis 1,6. Allein da das Verfahren nur darin bestand, den Luft-Apparat zu laden, und dann, nach schneller Berührung, mit dem Wallrath-Apparat, zu ermitteln, wie viel in dem ersteren geblieben war (1281), so kann in die Resultate kein grosses Zutrauen gesetzt werden. Sie stehen zwar nicht im Widerspruch mit dem allgemeinen Schluss, können aber nicht als Beweisgrund für denselben angeführt werden.

1280. Ich bemühte mich, eine Flüssigkeit zu finden, die gut isolire und für diese Versuche in hinreichender Menge zu erhalten sei. Terpentinöl, gereinigtes Steinöl, Oel des condensirten Steinkohlengases schienen, nach den gewöhnlichen Erfahrungen, am meisten für die Isolation zu versprechen. Als sie einige Tage auf geschmolzenem kohlensauren Kali, Chlorcalcium und Aetzkalk gestanden hatten, und darauf filtrirt wurden, zeigte sich ihr Isolationsvermögen sehr geschwächt; allein nach der Destillation war ihr Zustand der beste, wiewohl

sie sich leitend erwiesen, wenn grosse Metallflächen mit ihnen in Berührung gesetzt wurden.

1281. Rectificirtes Terpentinöl. — Ich füllte den Apparat I in seiner unteren Hälfte mit dieser Flüssigkeit, und da er eine Ladung nicht fest genug hielt, um sie erst messen und dann theilen zu können, so lud ich den Apparat II, welcher blos Luft enthielt, theilte seine Ladung mit Apparat I durch eine schnelle Berührung, und maass den Rückstand in Apparat II. Wenn, theoretisch genommen, ein schneller Contact zwischen den beiden Apparaten eine Theilung zu gleicher Spannung bewirken sollte, doch ohne merklichen Verlust wegen Leitungsvermögen des Apparats I, und dennoch Apparat II eine Ladung von grösserer Spannung als die Hälfte der ursprünglichen behielt, so musste dies anzeigen, dass das Terpentinöl ein geringeres specifisches Vertheilungsvermögen als die Luft besass; oder, wenn er unter dem mittleren Spannungszustand geladen blieb, so musste es andeuten, dass die Flüssigkeit ein grösseres Vertheilungsvermögen besass. Bei einem Versuche dieser Art gab Apparat II, für seine Ladung vor der Theilung mit Apparat I, 390°, nach derselben 175°, was weniger ist als die Hälfte von 390°. Die Ladung von 175° abermals getheilt, gab 79°, was auch weniger als die Hälfte ist. Die Ladung von 79° noch einmal getheilt, fiel sie auf 36°, ebenfalls weniger als die Hälfte von 79°. Das sind die besten Resultate, welche ich erhalten konnte. Sie sind nicht unvereinbar mit der Annahme, dass das Terpentinöl ein grösseres specifisches Vertheilungsvermögen als die Luft habe; allein sie beweisen es nicht, weil das Verschwinden von mehr als der Hälfte der Ladung blos von dem Leitungsvermögen der Flüssigkeit herrühren konnte.

1282. Steinöl. — Diese Flüssigkeit gab Resultate von ähnlicher Art und Richtung als das Terpentinöl.

1283. Jetzt kamen die für das specifische Vertheilungsvermögen interessantesten Substanzen an die Reihe, nämlich die Gase. Sie sind so eigenthümlich construirt und durch viele so auffallende physikalische und chemische Beziehungen mit einander verknüpft, dass ich merkwürdige Resultate von ihnen erwartete. Zuerst wurde Luft in verschiedenen Zuständen zu den Versuchen angewandt.

1284. Luft, lockere und dichte. — Einige Theilungsversuche (1208) schienen zu zeigen, dass dichte und lockere Luft in der beschriebenen Eigenschaft sich gleich verhalten.

Ein einfaches und besseres Verfahren bestand darin, einen der Apparate mit einer Luftpumpe zu verbinden, ihn zu laden und dann, wenn mehr oder weniger verdünnte Luft darin war, die Spannung der Ladung zu untersuchen. Auf solche Weise ergab sich, dass, angefangen mit einer gewissen Ladung, diese Ladung ihre Spannung oder Kraft beim Verdünnen der Luft nicht änderte, so lange die Verdünnung nicht den Grad erreicht hatte, dass eine Entladung durch den Raum *o o* (Fig. 5) stattfand. Diese Entladung war der Verdünnung proportional. Allein, nachdem sie stattgefunden und die Spannung bis auf einen gewissen Grad vermindert worden, wurde dieser Grad durch Wiederherstellung des Drucks und der Dichte der Luft auf die frühere Grösse durchaus nicht verändert. So war

beim Druck von	30″	Quecksilber	die	Ladung	88°
Abermals	30	-	-	-	88
Abermals	30	-	-	-	87
Verringert auf	14	-	-	-	87
Erhöht auf	30	-	-	-	86
Vermindert auf	3,4	-	-	-	81
Erhöht auf	30	-	-	-	81.

1285. Die Ladungen bei diesen Versuchen waren schwach, erstens damit sie bei geringem Druck nicht überspringen möchten, und zweitens damit der Verlust durch Entweichen (*dissipation*) klein wäre. Ich machte sie nun noch schwächer, damit ich weiter verdünnen könnte, und zu dem Ende wandte ich zu den folgenden Versuchen nur ein Mess-Intervall von 15° in dem Elektrometer an (1185). Nachdem der Luftdruck in dem Apparat auf 1,9 Zoll Quecksilber vermindert worden, zeigte sich die Ladung =29°; als darauf die Luft bis zu einem Druck von 30 Zoll hineingelassen wurde, war die Ladung ebenfalls 29°.

1286. Bei Wiederholung dieser Versuche mit reinem Sauerstoffgas ergaben sich dieselben Resultate.

1287. Diese Unveränderlichkeit der elektrischen Spannung bei Veränderungen in der Dichte und dem Druck der Luft stimmt vollkommen mit den von Hrn. Harris erhaltenen, und in seiner schönen und wichtigen Abhandlung beschriebenen Resultaten *), nämlich, dass die Vertheilung in dichterer und lockerer Luft gleich ist, eben so wie die Divergenz des Elektro-

---

*) *Phil. Trans.* 1834, p. 220, 224, 237, 244.

meters, sobald nur keine Elektricität aus demselben entweicht. Dies Resultat ist ganz unabhängig von der Erscheinung, dass Leiter in dichter Luft eine stärkere Ladung annehmen als in lockerer, eine Erscheinung, auf welche ich späterhin zurückkommen werde.

1288. Ich verglich darauf *heisse* und *kalte* Luft mit einander, indem ich den einen Vertheilungsapparat so stark erwärmte als es ohne Schaden für ihn geschehen konnte, und dann die Ladung mit dem anderen, kalte Luft enthaltenden Apparat theilte. Die Temperaturen waren ungefähr 50° und 100°. Dennoch schien das Vertheilungsvermögen ungeändert. Auch wenn ich den Apparat dahin abänderte, dass ich einen Apparat kalt lud und dann durch eine Weingeistlampe erwärmte, konnte ich keine Veränderung in dem Vertheilungsvermögen bemerken.

1289. Auch beim Vergleiche von *feuchter* und *trockener* Luft konnte ich keinen Unterschied in den Resultaten finden.

1290. *Gase.* — Zur Vergleichung *verschiedener Gase* mit einander wurde nun eine sehr lange Reihe von Versuchen unternommen. Alle ergaben sich als gut isolirend, mit Ausnahme derer, die auf das Schellack der Stange wirkten, wie Chlor, Chlorwasserstoff und Ammoniak. Sie alle wurden, vor der Einführung in den Apparat, durch die geeigneten Mittel wohl getrocknet. Es würde hinreichend gewesen sein, sie alle mit Luft zu vergleichen; allein wegen des auffallenden Resultats, welches sich dabei ergab, nämlich dass alle ein *gleiches Vertheilungsvermögen* besitzen (was man vielleicht erwarten konnte, nachdem gefunden worden, dass Veränderungen in der Dichte oder dem Druck ohne Einfluss sind), wurde ich veranlasst, sie paarweise mit einander auf verschiedene Weise zu vergleichen, damit keine Verschiedenheit mir entgehe, und die Gleichheit des Resultats bei der Verschiedenheit in den Eigenschaften, der Beschaffenheit und Zusammensetzung der Gase desto mehr hervortrete.

Die Versuche wurden mit folgenden Gaspaaren angestellt:

1. Sauerstoff und Stickstoff
2. dito und Luft
3. dito und Wasserstoff
4. dito und Kohlensäure
5. dito und ölbildendes Gas
6. dito und Salpetergas
7. dito und schweflige Säure
8. Sauerstoff und Ammoniak
9. Wasserstoff und Luft
10. dito und Kohlensäure
11. dito und ölbildendes Gas
12. dito und schwefl. Säure
13. dito und Fluorkieselgas
14. dito und Ammoniak

15. Wasserstoff u. Arsenwasserstoff
16. dito und Schwefelwasserstoff
17. Stickstoff und ölbildend. Gas
18. dito und Salpetergas
19. dito und Stickstoffoxydul
20. dito und Ammoniak
21. Kohlenoxyd und Kohlensäure
22. dito und ölbildendes Gas
23. Stickstoffoxydul u. Salpetergas
24. Ammoniak u. schwefl. Säure
25. Chlorwasserstoff und Luft.

1292. Ungeachtet der schneidendsten Contraste aller Art, welche diese Gase in ihrer Natur, als einfach oder zusammengesetzt, als Anionen oder Kationen (665), in den Eigenschaften, der Dichte, dem Druck (1284, 1286) oder der Temperatur (1238) darboten, zeigten sie nicht den geringsten Unterschied in dem Vermögen, eine elektrische Vertheilung durch sich hin zu gestatten oder zu begünstigen. Dies erscheint um so wichtiger, wenn man es als erwiesen ansieht, dass in allen Gasen die Vertheilung durch eine Wirkung angrenzender Theilchen geschieht. Die auffallenden Eigenschaften der Gase sind dadurch um eine neue vermehrt. Eine andere wichtige elektrische Eigenschaft der Gase, welche im nächsten Aufsatz untersucht werden soll, ist die: dass in ihnen allen, bei *gleichem Druck* die Leiter *denselben oder verschiedene Grade von Ladung* behalten. Diese beiden Resultate scheinen für die elektro-chemische Erregung und Zersetzung wichtig zu sein; denn da *alle* diese Erscheinungen, so verschieden sie auch zu sein scheinen, von den elektrischen Kräften der Körpertheilchen abhängen müssen, so wird der wahre Abstand, in welchem sie von einander zu stehen scheinen, gehörig betrachtet, viel beitragen, das Princip, welches sie im gemeinschaftlichen Verband hält, zu erläutern, und sie, wie es geschehen muss, Einem gemeinschaftlichen Gesetz zu unterwerfen.

1293. Es wäre möglich, dass die Gase in ihrem specifischen Vertheilungsvermögen von einander abwichen, allein um Grössen zu klein, um sie noch in den angewandten Apparaten erkennen zu können. Es ist jedoch zu erinnern, dass die Gase bei den Versuchen sämmtlich den Raum *o o* (Fig. 5) zwischen der inneren und äusseren Kugel, bis auf den von der Stange eingenommenen Theil, ganz ausfüllten, und dass daher die Resultate noch einmal so genau sind als die von den starren di-elektrischen Körpern.

1294. Bei allen angeführten Versuchen war die Isolation gut, ausgenommen bei No. 8, 14, 20 und 24, bei welchen Ammoniakgas mit den übrigen Gasen verglichen wurde. Wenn Schellack in Ammoniakgas gebracht wird, so wird es auf der

Oberfläche allmälig leitend, und auf diese Weise wurde der Schellack-Theil der inwendigen Stange so verändert, dass der Schellack-Apparat keine Ladung fest genug hielt, um eine Theilung zu erlauben. Bei diesen Versuchen lud ich daher den anderen Apparat, maass die Ladung, und theilte sie mit dem Schellack-Apparat durch einen schnellen Contact. Der Rückstand nach der Theilung wurde wieder gemessen (1281); er war so nahe die Hälfte der ursprünglichen Ladung, dass man mit Recht beim Ammoniakgas ein gleiches Vertheilungsvermögen wie bei den übrigen Gasen annehmen konnte.

1295. Sonach scheint die Vertheilung wesentlich eine Wirkung angrenzender Theilchen zu sein, durch deren Vermittlung die an einer Stelle entsprungene oder erschienene elektrische Kraft fortgepflanzt und unterhalten wird bis zu einer gewissen Entfernung, wo sie als eine Kraft derselben Art von genau gleichem Betrage, aber entgegengesetzter Richtung und entgegengesetzten Tendenzen erscheint (1164). Die Vertheilung erfordert keine merkliche Dicke bei den Leitern, welche zur Begrenzung ihrer Erstreckung angewandt werden. Ein unisolirtes Goldblatt kann an der einen Oberfläche sehr stark positiv gemacht werden, und an der andern eben so stark negativ*), ohne dass, bei fortgesetzter Vertheilung, die beiden Zustände im geringsten gestört werden. Auch wird sie nicht durch die Natur der begrenzenden Leiter abgeändert, sobald nur diesen, falls sie langsam leiten, Zeit gelassen wird, den Endzustand anzunehmen (1170).

1296. Was aber die di-elektrischen oder isolirenden Mittel betrifft, so verhalten sich die Sachen ganz anders (1167). Ihre Dicke hat einen unmittelbaren und wichtigen Einfluss auf den Grad der Vertheilung. Und was ihre Beschaffenheit betrifft, so finden sich, obwohl alle Gase und Dämpfe in jeglichem Zustand gleich wirken, unter den starren Körpern, und zwischen diesen und den Gasen Unterschiede, und in einigen Fällen sehr grosse, welche das Dasein eines specifischen Vertheilungsvermögens beweisen.

1297. Die directe Vertheilungskraft, welche, so lässt sich

*) Der Satz ist wohl so zu verstehen, dass ein Goldblatt an der einen Seite eines isolirenden Mittels eben so stark positiv sein kann, als ein zweites Goldblatt negativ an der andern Seite oder Oberfläche jenes Isolators. *P.*

annehmen, in Linien zwischen zwei geladenen und leitenden Begrenzungsflächen ausgeübt wird, ist begleitet von einer lateralen oder transversalen Kraft, die einer Dilatation oder Repulsion der repräsentativen Linien (1224) äquivalent ist; oder die Anziehungskraft, welche unter den Theilchen des Isolators (*dielectrics*) in Richtung der Vertheilung vorhanden ist, wird begleitet von einer Repulsions- oder Divergenzkraft in der Querrichtung (1304).

1298. Die Vertheilung besteht, wie es scheint, aus einem gewissen Polarisationszustand der Theilchen, in welchen sie durch den die Wirkung unterhaltenden elektrisirten Körper versetzt werden, und wobei die Theilchen positive und negative Punkte oder Stellen annehmen (*the particles assuming positive and negative points or parts*), die in Bezug auf einander und die vertheilenden Oberflächen oder Theilchen symmetrisch angeordnet sind*). Dieser Zustand muss ein gezwungener sein; denn er wird nur durch eine Kraft hervorgerufen und unterhalten, und sinkt in den Normal- oder Ruhezustand zurück, sobald die Kraft entfernt wird. Er kann in Isolatoren nur durch dieselbe Portion Elektricität unterhalten (*continued*) werden, weil sie nur diesen Zustand der Theilchen behalten (*retain*) können (1304).

1299. Das Princip der Vertheilung ist von höchster Allgemeinheit bei der Elektricitäts-Wirkung. Es constituirt die Ladung in jedem gewöhnlichen Fall, und wahrscheinlich in jedem Fall. Es scheint die Ursache aller Elektricitäts-Erregung zu sein, und jedem Strom voranzugehen. Der Grad, bis zu welchem die Theilchen afficirt sind in diesem ihrem gezwungenen Zustand, ehe eine Entladung der einen oder anderen Art eintritt, scheint das, war wir Intensität nennen, auszumachen.

1300. Wenn eine Leidner Flasche geladen wird, so werden die Glastheilchen durch die Elektricität des ladenden Apparats in diesen Polarisations- und Zwangs-Zustand versetzt. Entladung ist die Rückkehr der Theilchen aus ihrem Spannungszustand, allemal wenn den beiden elektrischen Kräften erlaubt ist, sich in einer anderen Richtung zu ordnen.

---

*) Die von mir aufgestellte Theorie der Vertheilung behauptet nicht zu entscheiden, ob die Elektricität eine oder mehre Flüssigkeiten sei, oder bloss eine Kraft oder ein Zustand von bekannter Substanz. Das ist eine Aufgabe, welche ich vielleicht in der nächsten oder oflgenden Reihe dieser Untersuchung betrachten werde.

1301. Jede Ladung eines Leiters ist eine oberflächliche, weil sie wesentlich vertheilender Art ist; *it is there only that the medium capable of sustaining the inductive state begins.* [9]) Ist der Leiter hohl, und enthält er Luft oder ein anderes di-elektrisches Mittel, so kann keine Ladung auf der inneren Oberfläche erscheinen. weil das di-elektrische Mittel dort den Polarisationszustand nicht durch und durch annehmen kann, wegen der Gegenwirkungen (*opposing actions*) in verschiedenen Richtungen.

1302. Der bekannte Einfluss der Gestalt stimmt vollkommen überein mit der aufgestellten Corpuscular-Ansicht von der Vertheilung. Ein elektrisirter Cylinder wird, durch den Einfluss umgebender Leiter (welche die Bedingung zur Ladung vervollständigen) stärker an den Enden als in der Mitte ergriffen, weil die Enden einer grösseren Summe von Vertheilungskräften ausgesetzt sind, als die Mitte. Und eine Spitze erlangt eine höhere Spannung (*condition*) als eine Kugel, weil, durch Relation zu den umgebenden Leitern, mehr Vertheilungskraft auf ihrer Oberfläche endigt (*terminates*), als auf einer gleichgrossen Fläche der mit ihr verglichenen Kugel. Hier überdies kann man besonders den Einfluss der Lateral- oder Transversal-Kraft (1297) wahrnehmen, welche, als eine Kraft von repulsiver Art (*a power of the nature of — or equivalent to repulsion*), eine solche Anordnung der Linien der Vertheilungskraft im Laufe derselben durch die di-elektrische Substanz veranlasst, dass sie sich auf der Spitze, dem Ende des Cylinders oder irgend einem vorragenden Theil, anhäufen.

1303. Der Einfluss der Entfernung stimmt auch mit derselben Ansicht. Es ist vielleicht keine Entfernung so gross, dass nicht eine Vertheilung durch sie hin geschehen könnte*); allein bei derselben Zwangskraft (*constraining force*) findet sie um so leichter statt, als die Erstreckung des di-elektrischen Mittels, durch welches hin sie ausgeübt wird, geringer ist. Und da die Theorie annimmt, dass die Theilchen des di-elektrischen Mittels, obwohl sie in einem normalen Zustand zu

---

*) Ich habe sie experimentell verfolgt von einer Kugel, die sich in der Mitte des früher (1173) beschriebenen grossen Würfels befand, bis zu den Seiten des Würfels in sechs Fuss Entfernung, und von derselben Kugel, als sie in der Mitte unseres grossen Hörsaals aufgestellt war, bis zu den Wänden dieses Saals in 26 Fuss Entfernung; die Ladung der Kugel geschah nur mittelst Vertheilung durch diese Entfernungen.

bleiben streben, während der Vertheilung in einen Zwangszustand (*forced condition*) versetzt werden, so scheint zu folgen, dass, je weniger von diesen intermediären, sich der Annahme des neuen Zustandes widersetzenden Theilchen da sind, desto grösser die Veränderung sein werde, welche sie erleiden, d. h. desto höher die Spannung (*condition*), welche sie annehmen, desto beträchtlicher die vertheilende Wirkung, welche durch sie hin ausgeübt wird.

1304. Die Benennungen Linien der Vertheilungskraft und krumme Kraftlinien (1231, 1297, 1298, 1302) habe ich nur im allgemeinen Sinn gebraucht, gerade wie wir von Linien der magnetischen Kraft sprechen. Die Linien sind imaginär, und die Kraft in irgend einem Theile derselben ist demnach die Resultante von Componenten, indem jedes Molecül verknüpft ist mit jedem andern Molecül in allen Richtungen durch die Spannung und Reaction derjenigen, welche angrenzen. Die Transversalkraft ist bloss diese Relation, betrachtet in einer schiefen Richtung gegen die Linien der Vertheilungskraft, und für jetzt meine ich nichts mehr als dies mit der Benennung. Was den Ausdruck Polarität betrifft, so meine ich damit für jetzt auch nur eine Disposition von Kraft (*force*) durch welche dasselbe Molecül entgegengesetzte Kräfte (*powers*) an verschiedenen Stellen erlangt. Die besondere Weise, in welcher diese Disposition geschieht, wird später in Betracht kommen, und wahrscheinlich variirt sie in verschiedenen Körpern, und bewirkt so eine Mannigfaltigkeit von elektrischer Relation. Vor Allem wünsche ich nicht, dass den von mir gebrauchten Ausdrücken eine speciellere Meinung beigelegt werde, als ich beabsichtige. Fernere Untersuchungen, glaube ich, werden uns allmälig in den Stand setzen, den Sinn derselben mehr und mehr zu beschränken, und so die Erklärung der elektrischen Erscheinungen von Tag zu Tag bestimmter zu machen.

1305. Um meine Ansichten auf die Probe zu stellen, habe ich sie, während meiner ganzen Experimental-Untersuchung verglichen mit den Schlüssen, welche *Poisson* aus seinen schönen mathematischen Untersuchungen gezogen hat*). Ich bin ganz ausser Stande ein Urtheil über diese bewundernswürdigen Aufsätze zu fällen; allein so weit ich sie verstehen kann, sind die von mir aufgestellte Theorie und die von mir erhaltenen Resultate nicht im Widerspruch mit denjenigen

*) *Mémoires de l'Institut*, 1811, T. XII p. 1 et p. 163.

dieser Schlüsse, welche die endliche Disposition und den endlichen Zustand der Kräfte in der kleinen von ihm betrachteten Zahl von Fällen vorstellen. Seine Theorie setzt eine ganz andere Wirkungsweise als die von mir aufgestellte voraus, und wahrscheinlich würde sie ihre mathematische Begründung finden, wenn man sich bemühen wollte, sie auf Vertheilungen in Curven anzuwenden. Meiner Ansicht nach ist sie unzureichend in der Erklärungsweise von dem Zurückhalten der Elektricität auf der Oberfläche der Leiter durch den Druck der Luft, eine Erscheinung, welche, wie ich zu zeigen hoffe, einfach und mit der gegenwärtigen Ansicht verträglich ist. Sie berührt auch weder die *Volta*'sche Elektricität, noch bringt sie diese und die sogenannte gemeine Elektricität unter ein gemeinsames Princip.

Ich habe auch mit einiger Aengstlichkeit die Resultate durchgesehen, welche der unermüdliche Hr. *Harris* bei seiner Untersuchung der Vertheilungsgesetze erhalten hat*), da ich wusste, dass sie experimentell waren, und die volle Ueberzeugung von ihrer Richtigkeit hatte. Allein ich bin so glücklich für jetzt keine Collision zwischen ihnen und den von mir aufgestellten Ansichten wahrzunehmen.

1306. Endlich erlaube ich mir zu sagen, dass ich meine eigenthümliche Ansicht mit Zweifel und Besorgniss, ob sie die Probe einer allgemeinen Untersuchung ertragen würde, aufgestellt habe; denn sobald sie nicht richtig wäre, würde sie die Fortschritte der Elektricitätslehre nur aufhalten. Ich habe sie lange mit mir herumgetragen, aber ich stand an sie zu veröffentlichen, bis die wachsende Ueberzeugung von ihrer Uebereinstimmung mit allen bekannten Thatsachen, und die Weise, wie sie Effecte von anscheinend sehr verschiedener Art mit einander verknüpft, mich antrieb, diese Abhandlung zu schreiben. Bis jetzt sehe ich keine Unverträglichkeit zwischen ihr und der Natur, glaube vielmehr, dass sie neues Licht auf die Operationen der letzteren werfen werde.

Nachtrag.

1307. Kürzlich habe ich die Frage über das specifische Vertheilungsvermögen, in der allgemeinen Form, wie sie in §. 1252 hingestellt wurde, dem Versuch unterworfen, und

*) *Phil. Transact.* 1834, p. 123.

ein Resultat erhalten, das man mir erlauben wird, in diesem Nachtrage mitzutheilen. Drei runde Messingscheiben von etwa fünf Zoll im Durchmesser wurden neben einander auf isolirenden Ständern angebracht. Die mittlere *A* hatte einen festen Stand, die beiden äusseren aber waren in Fugen verschiebbar, so dass man alle drei fast mit ihren Seiten in Berührung bringen oder bis zu jedem erforderlichen Abstand trennen konnte. Zwei Goldblättchen wurden in einer Glasflasche an isolirten Drähten aufgehangen. *B*, die eine der äusseren Platten, war mit dem einen Goldblatt, die andere *C* mit dem zweiten Blatt verbunden. Die äusseren Platten *B* und *C* waren fünf Viertelzoll von der mittleren Platte *A* entfernt, und die Goldblättchen in zwei Zoll Abstand aufgestellt. Nun gab ich *A* eine schwache Ladung, und zu gleicher Zeit berührte ich *B* und *C* mit ihren Goldblättchen ableitend, sie dann isolirt lassend. Solchergestalt war *A* auf dem Wege der Vertheilung (*inductrically*) positiv, und *B* und *C* in Folge der Vertheilung (*inductcously*) negativ geladen; und da dieselbe di-elektrische Luft in den beiden Zwischenräumen befindlich war, so hingen die Goldblättchen natürlich einander parallel, in einem relativ unelektrisirten Zustand.

1308. Nun wurde eine Schellackplatte von drei Viertelzoll Dicke und vier Quadratzoll Grösse, an einem sauberen Faden weisser Seite hängend, nachdem sie sorgfältig von jeder Ladung befreit worden (1203), so dass sie, wenn *A* ungeladen war, auf die Goldblättchen keine Wirkung ausübte, zwischen die Platten *A* und *B* gebracht. Sogleich wurde das elektrische Verhalten der drei Platten gestört, und eine Anziehung zwischen den Goldblättchen hervorgerufen. Bei Fortnahme des Schellacks verschwand diese Anziehung. Bei seiner Einschaltung zwischen *A* und *C* war sie wieder da; bei abermaliger Fortnahme desselben verschwand sie wiederum. Der Schellack, mit einem empfindlichen *Coulomb*'schen Elektrometer untersucht, zeigte sich auch jetzt noch ohne Ladung.

1309. Da *A* positiv war, so waren *B* und *C* natürlich negativ; allein da das specifische Vertheilungsvermögen des Schellacks ungefähr das doppelte des der Luft ist (1270), so wurde erwartet, dass, bei Einstellung des Lacks zwischen *A* und *B*, *A* stärker gegen *B* als gegen *C* vertheilend wirken werde, dass demnach *B* negativer als zuvor gegen *A* sein werde, und folglich, wegen seiner Isolation, positiv nach aussen, wie an seiner Rückseite oder an den Goldblättchen, während

C weniger negativ gegen *A* und deshalb nach aussen oder an den Goldblättchen positiv sein werde. Dies war auch wirklich der Fall. Denn an welcher Seite von *A* das Schellack auch eingeschoben sein mochte, so war doch an dieser Seite die äussere Platte positiv, und die äussere Platte an der andern Seite negativ, gegen die andere und gegen unisolirte äussere Körper.

1310. Bei Anwendung einer Platte von Schwefel, statt der Schellackplatte, wurden dieselben Resultate erhalten, übereinstimmend mit den Schlüssen, die sich aus dem hohen specifischen Vertheilungsvermögen dieses Körpers (1276) ergaben.

1311. Diese Wirkungen des specifischen Vertheilungsvermögens können auf verschiedene Weise erhöht werden, und diese Fähigkeit macht den Apparat sehr werthvoll. So schob ich den Schellack zwischen *A* und *B*, verband dann *B* und *C* für einen Augenblick, berührte sie ableitend, und isolirte sie darauf. Die Goldblättchen hingen demnach einander parallel. Bei Fortnahme des Schellacks zogen die Goldblättchen einander an. Bei Einschaltung des Schellacks zwischen *A* und *C* wuchs diese Anziehung (wie aus der Theorie vorhergesehen worden), und die Blätter kamen zusammen, obwohl sie nicht weniger als vier Zoll lang waren und drei Zoll auseinander hingen.

1312. Durch blosses näher Aneinanderrücken der Goldblättchen vermochte ich den Unterschied des specifischen Vertheilungsvermögens schon bei Anwendung einer dünnen Schellackplatte, wenn der Rest des di-elektrischen Raumes mit Luft erfüllt blieb, nachzuweisen. Durch weiteres Anrücken von *B* und *C* gegen *A* wurde ein neuer Grad von Empfindlichkeit erlangt. Durch Vergrösserung der Platten, so wie durch Verkürzung der mit den Goldblättchen verknüpften Drähte u. s. w., entstand wieder eine höhere Wirkung, so dass die Goldblättchen auf diese Weise eben so empfindliche Anzeiger von specifischer Vertheilungswirkung wurden, als sie es in *Bennet*'s und *Singer*'s Elektrometern von der gewöhnlichen elektrischen Ladung sind.

1313. Klar ist, dass, wenn man die drei Platten, mit gehöriger Vorsicht in Bezug auf Isolation u. s. w., als Seiten von Zellen gebraucht, dieser Apparat mit grösserem Erfolg als der frühere (1187, 1230) zur Untersuchung von Gasen gebraucht werden kann, und vielleicht Unterschiede angiebt, die mir entgangen sind (1292, 1293).

1314. Es ist auch einleuchtend, dass zwei Metallplatten